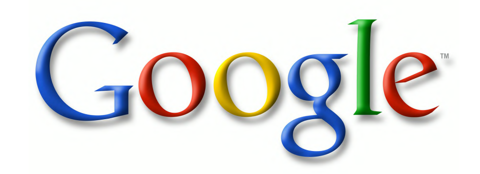
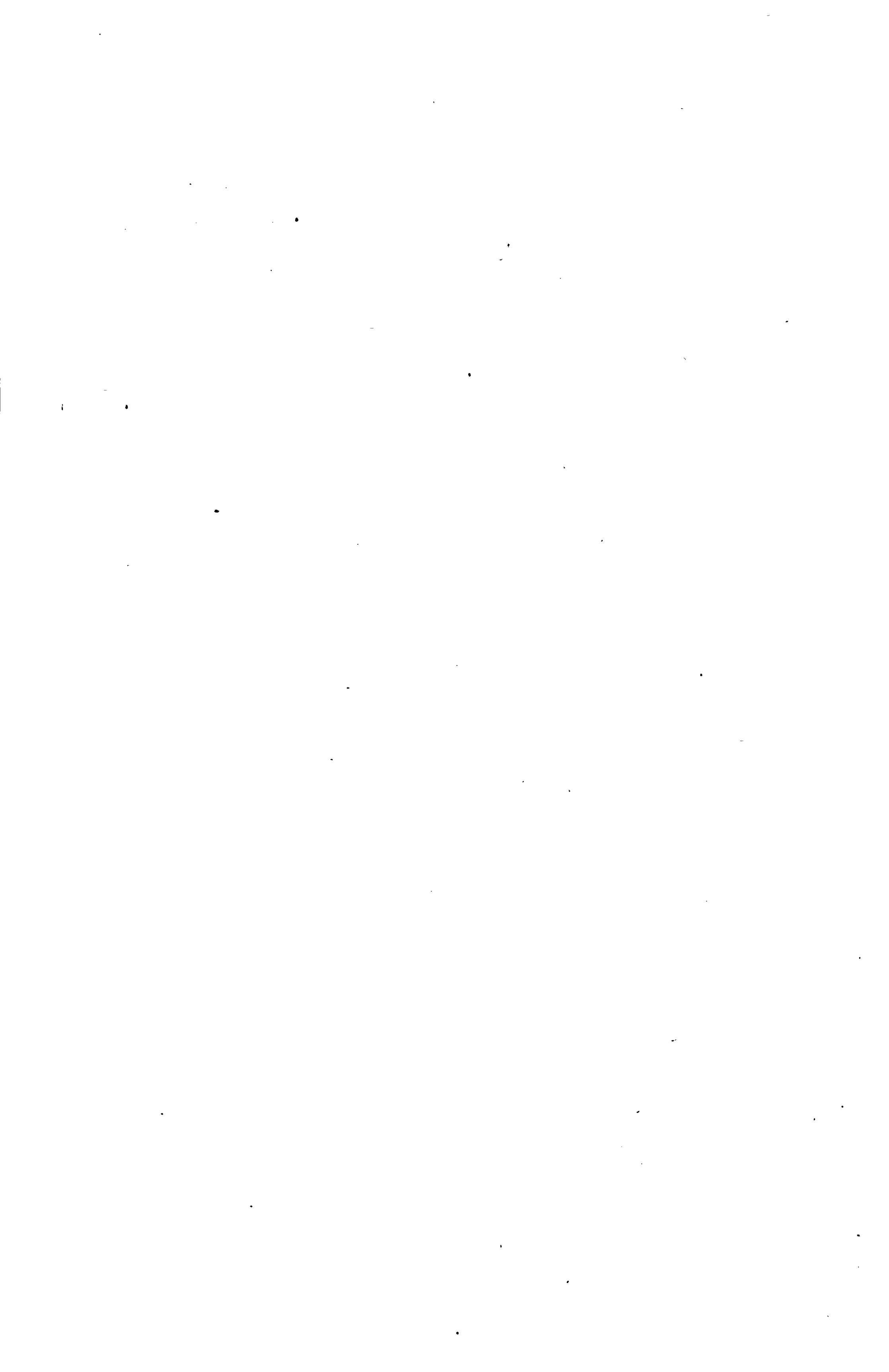
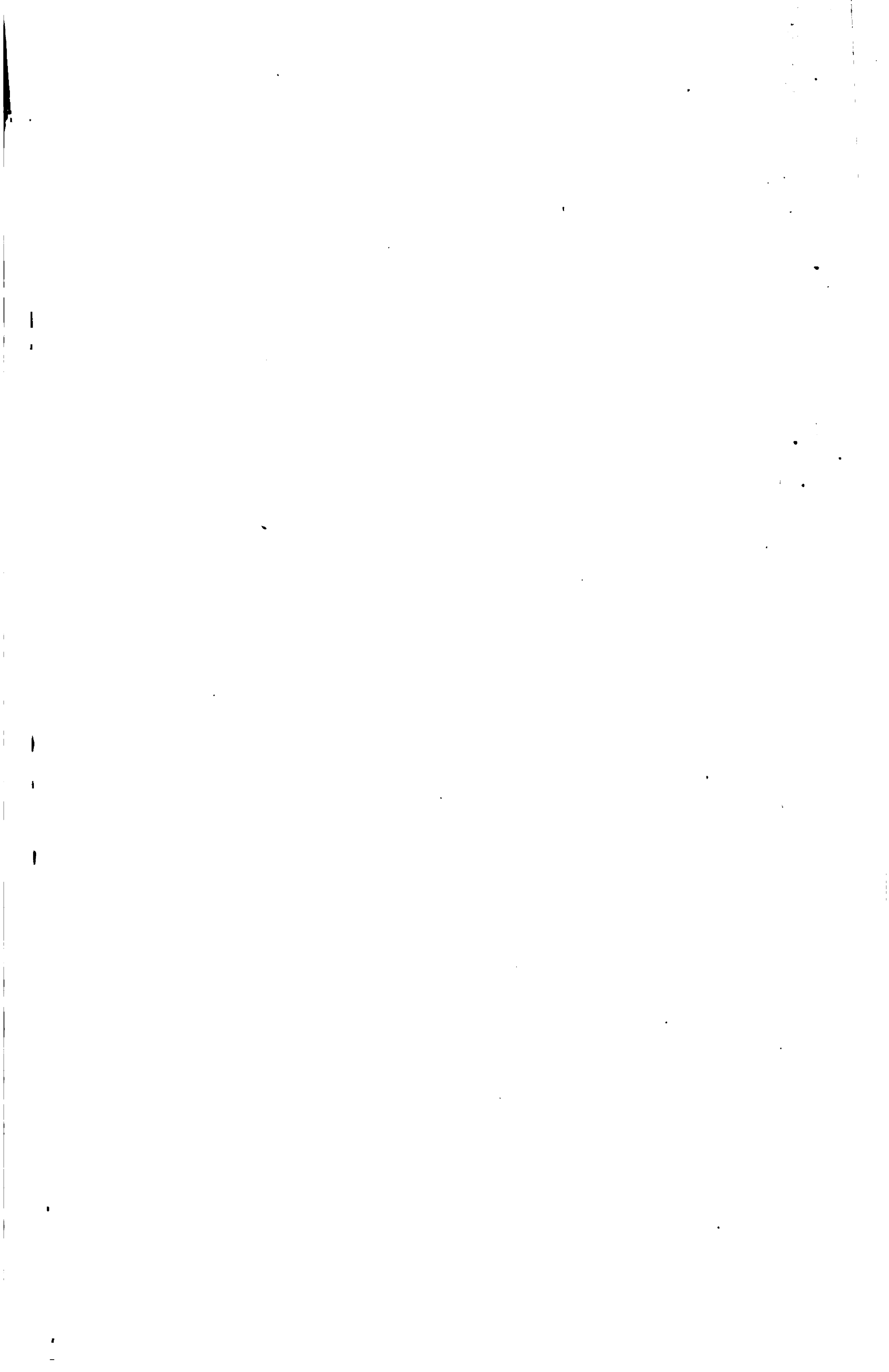



FTEN







SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

ZWEIUNDSIEBZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1876.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXXII. BAND. III. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1875. — HEFT I BIS V.

(Mit 16 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1876.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

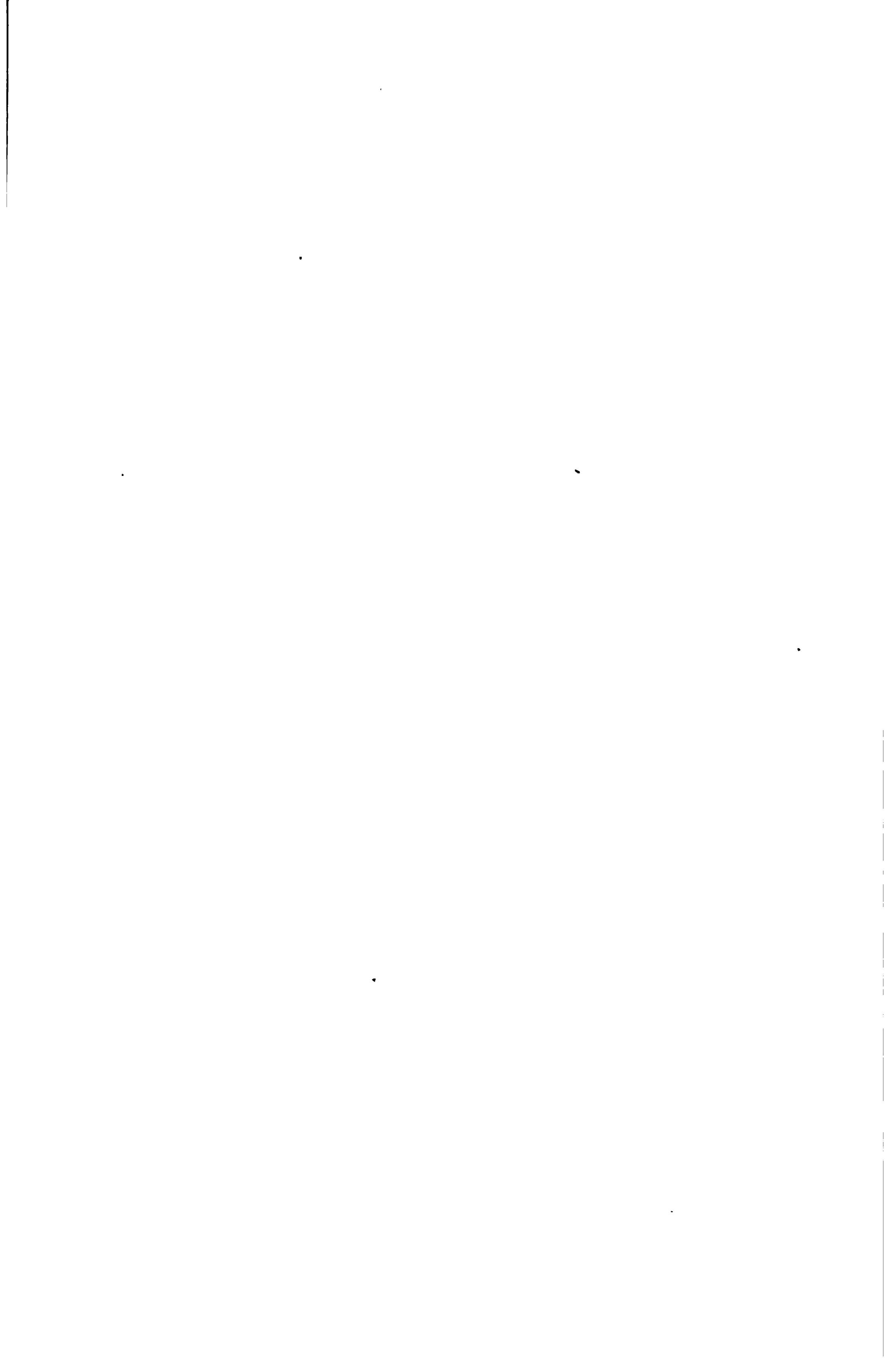
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

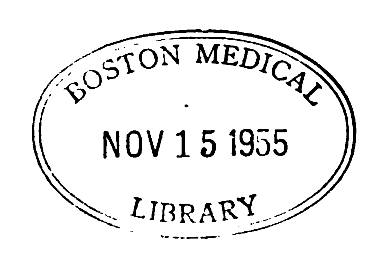
LXXII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

6.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.





XIV. SITZUNG VOM 10. JUNI 1875.

Das c. M. Herr Regrth. E. Mach in Prag übersendet eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Stud. Wosyka verfasste Abhandlung: „Über einige mechanische Wirkungen des elektrischen Funkens".

Das c. M. Herr Prof. Pfaundler in Innsbruck übersendet eine kleinere Mittheilung unter dem Titel: „Über die ungleiche Löslichkeit der verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalles und den Zusammenhang dieser Erscheinung mit allgemeinen naturwissenschaftlichen Principien".

Herr Prof. Pfaundler übersendet ferner zwei kleinere Untersuchungen, welche Herr Hermann Hammerl im physikalischen Cabinete der Universität ausgeführt hat, und zwar: *a)* „Über die Siedepunkte der Chlorcalciumlösungen", und *b)* Über die latente Schmelzwärme des Bihydrates der Schwefelsäure".

Das c. M. Dr. Franz Steindachner übersendet eine Abhandlung: „Beiträge zur Kenntniss der Characinen des Amazonenstromes".

Herr Prof. F. Lippich in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die behauptete Abhängigkeit der Lichtwellenlänge von der Intensität".

Herr Dr. J. E. Stark in Utrecht übermittelt eine Abhandlung: „Über die Bahnbestimmung des Planeten (100) Hecate".

Herr Prof. M. Allé in Graz übersendet eine Abhandlung: „Ein Beitrag zur Theorie der Functionen von drei Veränderlichen".

Die Herren Dr. Ph. Zoeller, Prof. der Chemie an der k. k. Hochschule für Bodencultur, und Dr. E. A. Grete theilen in einer Zuschrift vom 24. Mai ein Mittel (xanthogensaures

Kalium) zur Vertilgung der Phylloxera mit und ersuchen von dieser Mittheilung zur Wahrung ihrer Priorität Kenntniss zu nehmen.

Herr Dr. L. Löwy, praktischer Arzt zu Papa in Ungarn, empfiehlt in einem Schreiben vom 15. Mai die Salicylsäure in wässeriger Lösung (1 zu 300) als sicher wirkendes Mittel gegen die Phylloxera.

Das w. M. Herr Prof. Brücke überreicht eine im Wiener physiologischen Institute ausgeführte Arbeit des Herrn Max Zeissl: „Über eine eigenthümliche Schichte im Magen der Katze".

Das w. M. Herr Prof. Dr. V. v. Lang legt eine Abhandlung des Herrn Dr. Al. Handl, Professor an der Wiener Neustädter Militär-Akademie, vor, betitelt: „Weitere Beiträge zur Moleculartheorie". (V.)

Herr Prof. v. Lang überreicht ferner eine Mittheilung des Herrn J. Puluj, Assistenten an der k. k. Marine-Akademie in Fiume, betitelt: „Beitrag zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, R., di Scienze, Lettere ed Arti in Modena: Memorie. Tomo XII, XIII & XIV. Modena, 1871, 1873 & 1874; 4°. — Andrea Galassi, Della instituzione del giuri in Italia. (Gekrönte Preisschrift.) 8°. — Girolamo Galassini, La libertà politica. (Gekrönte Preisschrift.) 8°.

— Gioenia di Scienze naturali di Catania: Atti. Serie III^a. Tomo VII—VIII. Catania, 1872—1873; 4°. Carta geològica della città di Catania e dintorni, per Carmelo Sciutto-Patti. Folio.

Akademie der Künste und Wissenschaften, Südslavische: Rad. Knjiga XXXI. U Zagrebu, 1875; 8°.

— der Wissenschaften, zu Amsterdam: Verhandelingen. XIV. Deel. Amsterdam, 1874; 4°. — Verslagen en Mededeelingen. Afdeeling Letterkunde: II. Reeks. IV. Deel. Amsterdam, 1874; 8°. Afdeeling Natuurkunde: II. Reeks. VIII. Deel. Amsterdam 1874; 8°. — Jaarbock voor 1873. Amsterdam; 8°. — Processen-Verbaal. Afdel. Natuurkunde. 1873—1874; 8°.

— Catalogus van de Boekerÿ. I. Deel, 1. Stuk. Amsterdam 1874; 8°. — *Musa. Elegia Petri Esseiva.* (Gekrönte Preisschrift.) Amstelodami, 1874; 8°.

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Februar 1875. Berlin; 8°. — Berliner Astronomisches Jahrbuch für 1877. Berlin, 1875; 8°.

— — Kgl. Bayer., zu München: *Monumenta boica. Vol. XLII. Monachii 1874; 4°.* — Schelling's Geistesentwicklung in ihrem Zusammenhange. Festschrift von Hubert Beckers. München. 1875; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 15—16. Wien, 1875; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2032—2040 (Bd. 85. 16—24.) Kiel, 1875; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome LII, Nr. 208. Genève, Lausanne, Paris, 1875; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1875. Nr. 1 e 2. Roma; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXX. Nrs. 17—20. Paris, 1875; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVIII. (neuer Folge VIII.), Nr. 4—5. Wien, 1875; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 10—11. Wien, 1875; 4°.

— Astronomische, zu Leipzig: Vierteljahrsschrift. X. Jahrgang. 1. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

— Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang Nr. 8—9. Berlin, 1875; 8°.

— k. k. der Ärzte: Medicinische Jahrbücher. Jahrgang 1875 2. Heft. Wien; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 20—23. Wien, 1875; 4°.

Institut Royal Grand-Ducal de Luxembourg. Section des Sciences naturelles et mathématiques: Publications. Tome XIV. Luxembourg, 1874; 8°. — Observations météorologiques faites à Luxembourg. II° Vol. Luxemburg, 1874; 8°.

Institute, Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. III, Nr. 3. January, 1874. London; 8°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. IX. Deel, 1e en 4e Stuk. 's Gravenhage, 1874; 8°. — J. J. Meinsma. Balead Tanah Djawi, in proza. 's Gravenhage, 1874; 8°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. V. Band. Jahrgang 1873. Heft 1. Berlin, 1875; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, von Alex. Naumann. Für 1873. 1. Heft. Giessen, 1875; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band II, 6., 7. & 8. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. 1874, Nrs. 3—6. Kasan, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 8. Jahrgang, Nr. 10—11. Graz, 1875; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1875. Mai-Heft. Wien; 8°.

Madrid, Universität. Revista. 2a Época. Tomo V, Nr. 3. Madrid, 1875; kl. 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 21. Band, 1875. Heft V. Gotha; 4°.

— des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrg. 1875. 4. & 5. Heft. Wien; 8°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1875. Heft 1. Wien; 4°.

Moniteur scientifique du Dteur Quesneville. 402e Livraison. Paris, 1875; 4°.

Nature. Nr. 289—292, Vol. XII. London, 1875; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IVe Année, 2e Série, Nrs. 46—49. Paris, 1875; 4°.

Sociedad Mexicana de historia natural: La Naturaleza. Tomo III. Entrega Nr. 3—5. Mexico, 1874; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. V. Vol., fasc. 1°. Firenze, 1875; 8°.

Society, The Edinburgh Geological: Transactions. Vol. II, Part 3. Edinburgh, 1874; 8°.

Society, The Geological, of Glasgow: Transactions. Vol. IV. Part 3. Glasgow. 1874; 8⁰.

— The Linnean, of London: Transactions. Vol. XXVIII, Part IV; Vol. XXX, Part 1. London, 1873 & 1874); 4⁰. — Journal Botany. Vol. XIV, Nrs. 73—76. (1873—1874); Zoology. Vol. XII. Nr. 57. (1874.) London; 8⁰. — List of the Members. 1873. 8⁰.

— The Zoological, of London: Transactions. Vol. VIII. Part 9. London, 1874; 4⁰. — Proceedings. For the Year 1874 Part II & III. London; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 20—23. Wien, 1875; 4⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXVII. Jahrgang, 8. & 9. Heft. Wien, 1875; 4⁰.

Über eine eigenthümliche Schichte im Magen der Katze.

Von **Max Zeissl.**

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Als ich mich mit der Untersuchung der Drüsen des Katzenmagens beschäftigte, bemerkte ich unter der Schleimhaut eine Schichte, welche mir noch nicht aufgefallen war, und die ich nirgends beschrieben noch abgebildet fand.

Auf Durchschnitten — senkrecht auf die Oberfläche des Magens — zeigte sich an in Alkohol gehärteten Präparaten ihr Querschnitt in Gestalt eines 0·023 Millimeter breiten lichten Streifens, einerseits begrenzt von der Ringfaserschicht des submucösen Muskellagers, anderseits von dem kernreichen Gewebe, welches zunächst unter und zwischen den Fundis der Labdrüsen liegt. Die Schichte befindet sich im Magen der Katze von der Cardia angefangen bis zum Pylorus, sie ist aber weder im Oesophagus noch in anderen Theilen des Darmcanales zu sehen. Bis jetzt habe ich die Schichte in dem Magen keines anderen Thieres deutlich ausgeprägt gefunden. Im Magen des Menschen, des Hundes, des Rindes und des Kaninchens lässt sie sich nicht unterscheiden.

Andere Katzenthiere als unsere Hauskatze zu untersuchen habe ich keine Gelegenheit gehabt; meine Beschreibung bezieht sich also ausschliesslich auf diese.

Die Schichte setzt sich, wie gesagt, auf dem Querschnitte hell gegen die Umgebung ab. Es hat dies darin seinen Grund, dass in ihr die Unterschiede der Brechungsindices geringer sind als sonst wo, und dass desshalb von dem vom Spiegel kommenden Lichte weniger reflectirt wird. Daher ihr klares glasiges Aussehen, daher aber auch die grössere Schwierigkeit auf optischem Wege ihre Struktur zu ermitteln. Ich kann indessen zuförderst angeben, dass die besagte Schichte der Bindegewebs-

gruppe angehört. Es ist mir zwar nicht gelungen, sie in grosser Ausdehnung zu isoliren und sie isolirt zu Leim zu zerkochen; aber die Erfolge bei Anwendung von Reagentien sprechen hinreichend deutlich. Durch Salpetersäure und chlorsaures Kali wird die Schichte zerstört, wie Bindegewebe zerstört wird. In Essigsäure und Weinsäure quillt sie auf und wird noch glasiger, als sie es ohnehin schon ist. Durch Kochen in Salzsäure und Alkohol wird die Schichte sehr stark glasig, und wenn man das Kochen noch länger fortsetzt, wird die Schichte zerstört, während die Labdrüsen und das submucöse Muskellager gut erhalten bleiben. An so behandelten Präparaten sah man Bündel contractiler Faserzellen quer durch den Raum ziehen, der der zerstörten Schichte entsprach.

In ähnlicher Weise verhalten sich die Gefässe, die schon in der Schichte sich zu zertheilen beginnen, und die ich durch das erwähnte Verfahren ebenfalls isolirt darstellen konnte. Ich habe endlich Schnitte mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt und mikroskopisch untersucht. Die Farbe des sogenannten xanthoproteinsauren Ammoniaks zeigte sich im submucösen Muskellager und in der Drüsenschichte sehr intensiv; unsere Grenzschicht, wie ich sie nennen will, war aber nur blass gefärbt wie das unter dem submucösen Muskellager liegende Bindegewebe. Auch bei Färbung mit Picrinsäure und Carmin verhielt sich die Schichte wie eine Bindegewebsschicht. Ohne Anwendung eines Reagens sah man auf Schnitten senkrecht auf die Oberfläche des Magens wenig deutliche Abtheilungen, welche von der Schleimhaut gegen das submucöse Muskellager hinzogen, gleichsam als ob die Schichte in dieser Richtung in Ballen oder Bündel getrennt wäre. Auf Flächenschnitten sah man ähnliche Ballen, deren auch hier undeutliche Trennungslinien aber keine bestimmte Richtung hatten. Um nun Aufschluss über die Struktur der besprochenen Schichte zu erhalten, behandelte ich Querschnitte und Flächenschnitte mit Kalk- und Barytwasser und mit übermangansaurem Kali. Nachdem dünne Schnitte 24 Stunden im Kalkwasser gelegen hatten, erschienen deutliche Faserzüge, welche von der *Muscularis mucosae* bis zwischen die Drüsenschichte hinein direct verfolgt werden konnten. Dasselbe Resultat wurde mit Barytwasser und übermangansauerem Kali

erzielt. Wenn man Flächenschnitte in derselben Weise behandelt, so erhält man nichts von diesen Faserzügen, sondern Bilder, welche an die von Sehnenquerschnitten erinnern.

Ich will speciell anführen, dass ich an gekalkten Schnitten Bilder bekam, die einer Abbildung von einem Sehnenquerschnitte, welche von Dr. Löwe in den Jahrbüchern der Gesellschaft der Ärzte in Wien (1874, Tafel IX, Fig. 2) gegeben worden ist, in hohem Grade ähnlich sahen.

Es unterlag also keinem Zweifel, dass ich es mit einem System von Fasern zu thun hatte, das senkrecht auf die Oberfläche des Magens gestellt war. Kalkwasser, Barytwasser und übermangansaures Kali hatten hier ähnliche Dienste geleistet, wie seinerzeit bei den Untersuchungen von Rollet über Bindegewebe und Hornhautfasern.

Andere Präparate zeigten aber wieder, dass die wirklich in ihrem ganzen Verlaufe in der Schichte senkrecht auf die Oberfläche stehenden Fasern nicht der Schichte selbst angehörten, sondern dieselbe nur quer durchsetzen. In Rücksicht auf die Schichte selbst schien es, als ob sie aus in steile Wellen gelegten Faserzügen bestände, so dass also jede Faser in ihrem Verlaufe, theils nahezu senkrecht, theils schief, theils parallel gegen die Oberfläche des Magens gestellt sein würde. Bei der Unmöglichkeit aber die Fasern zu isoliren, konnte ich mir hierüber keine Gewissheit verschaffen. Da der Magen in Alkohol stark geschrumpft war, so lag die Vermuthung nahe, dass Fasern, die ursprünglich oder wenigstens im ausgedehnten Magen im allgemeinen parallel mit der Oberfläche gelegen hatten, nunmehr durch die Schrumpfung der Muskelfasern in Wellenform gelegt worden waren.

Ich füllte desshalb zwei Katzenmägen prall mit Alkohol und gab sie in grössere Gefässe, die mit demselben Alkohol gefüllt waren, um sie so im ausgedehnten Zustande zu erhärten und zu sehen, wie sich jetzt das Bild verändert haben würde. Auf Flächenschnitten waren die Ballen jetzt verschwunden, auf Querschnitten sah man noch Abtheilungen, die wahrscheinlich von durchsetzenden Fasern herrührten. Im Übrigen setzte wieder das gleichmässige, glasige Ansehen einer weiteren Untersuchung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Ich versuchte jetzt noch, ob es mir möglich sei, die Struktur der Schichte mittelst des polarisirten Lichtes zu erforschen. Aber ohne einen genügenden Erfolg.

An Präparaten von gestreckten Mägen blieb die Schichte im dunkeln Sehfelde in allen Lagen dunkel, sie verhielt sich also wie eine isotrope Substanz.

An Präparaten von nicht gestreckten Mägen war die Schichte doppeltbrechend, aber die Lage der optischen Axe etwaiger doppeltbrechender Fasern derselben liess sich nicht ermitteln. Die Schichte verhielt sich an verschiedenen Präparaten sehr verschieden.

Sie hatte freilich immer wirksame und unwirksame Azimuthe, aber die wirksamen Azimuthe waren an den verschiedenen Präparaten sehr verschieden, wenn ich sie bestimmte nach der Lage, welche der Durchschnitt der im dunklen Sehfelde hell erscheinenden Schichte gegen die Polarisationsebenen der gekreuzten Nikol'schen Prismen hatte.

In einzelnen Präparaten machte er im wirksamsten Azimuthe mit denselben Winkel von 45°, in anderen wich er von dieser Lage bedeutend, ja bis zu einigen dreissig Graden ab.

Das sehr verschiedene optische Verhalten der Schichte, je nachdem sie gestreckt war und je nachdem sie nicht gestreckt war, ist jedenfalls sehr auffallend. Da ich aber im Übrigen die Objecte ganz gleich behandelt habe, so kann ich doch nur vermuthungsweise den Unterschied auf die veränderte innere Spannung zurückführen. Versuchsweise streckte ich eine Sehne und erhärtete sie gestreckt in demselben Alkohol, in welchem der Magen erhärtet worden war. Es hatte dies aber auf ihre doppeltbrechenden Eigenschaften keinen wahrnehmbaren Einfluss.

Das einzige definirbare Formelement der von mir beschriebenen Schichte bestand in kleinen kernartigen Gebilden, welche in dieselbe eingelagert waren; dieselben waren bedeutend kleiner als gewöhnliche Bindegewebskerne und wichen auch von diesen in der Form ab. Sie waren an einem oder zwei gegenüberstehenden Enden zugespitzt, so dass sie als vogelkopf- oder mandelförmig bezeichnet werden können.

Nachdem die vorstehende Mittheilung bereits der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften übergeben worden war, ist

mir aus Professor C. Langer's Abhandlung „Über die Lymphgefässe des Darmes einiger Süsswasserfische“ (diese Berichte Juli-Heft 1870) folgende Stelle bekannt geworden:

„In Bezug auf die Unterschiede in diesem Baue der Schleimhaut, die bei anderen Fischen angetroffen werden, kann ich nur sagen, dass beim Hecht und der Forelle die oberflächliche Schichte von jener der bindegewebigen Balken ganz scharf geschieden ist, und dass namentlich bei der letzteren und dem Huchen sowohl an Quer- als an Längsschnitten die Grenze durch einen hyalinen, sehr breiten Balken dargestellt wird, der durch Ausläufer mit dem bindegewebigen Gerüste beider Lagen im Zusammenhange steht.“

Herr Professor Langer hatte die Güte dem physiologischen Institute ein Präparat von Salmo Hucho zu übergeben, das er sich aufbewahrt hatte. Dasselbe zeigte die von ihm erwähnte Schichte in Lage und Aussehen wesentlich mit derjenigen übereinstimmend, welche ich von der Katze beschrieben habe.

XV. SITZUNG VOM 17. JUNI 1875.

Herr Dr. Fitzinger dankt mit Schreiben vom 3. Juni für die ihm zur Beendigung seiner Untersuchungen über Bastardirung der Fische bewilligte Subvention von 300 fl.

Herr Prof. A. Winnecke zu Strassburg dankt mit Schreiben vom 15. Juni für den ihm für die Entdeckung eines teleskopischen Kometen am 12. April zuerkannten und übersendeten Preis.

Die Direction der Staatsoberrealschule in Steyr dankt mit Zuschrift vom 14. Juni für die dieser Lehranstalt bewilligten akademischen Publicationen.

Der Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung in Hamburg übersendet den I. Band seiner „Verhandlungen" und stellt das Ansuchen um Schriftentausch.

Das c. M. Herr Dr. Steindachner übersendet eine Abhandlung: „Über einige neue und seltene Meeresfische Amerika's unter dem Titel „Ichthyologische Beiträge". (III.)

Herr Prof. L. Gegenbauer in Berlin übersendet eine Abhandlung: „Über einige bestimmte Integrale".

Herr Prof. E. Suess legt eine Abhandlung über „die Erderschütterung an der Kamplinie am 12. Juni 1875" vor.

Herr Prof. Stefan überreicht von seinen „Untersuchungen über die Wärmeleitung in Gasen" die zweite Abhandlung.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo XI. Entrega 129—130. Habana, 1875; 8°.

— Impériale des Sciences de St. Pétersbourg: Mémoires in 8°. Tome XXIII, 2e Partie. St. Petersburg, 1874; 4°.

Accademia Pontificia de'Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVIII, Sess. 3ª. Roma, 1875; 4°.
— Reale dei Lincei: Atti. Tomo XXVI, Sess. 2ª—4ª. Roma, 1874; 4°.
— R., delle Scienze di Torino: Atti. Vol. IX, disp. 1ª—5ª. Torino, 1873—1874; 8°.
— R. Virgiliana di Mantova: Atti e Memorie. Biennio 1871—72. Mantova, 1875; gr. 8°.
— di Scienze, Lettere ed Arti di Palermo: Atti. Vol. IV. Palermo, 1874; 4°.

American Chemist. Vol. V, Nr. 10. New-York, 1875; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie. Band 176, Heft 3. Leipzig & Heidelberg, 1875; 8°.

Annales de l'Observatoire physique central de Russie, publiées par H. Wild. Année 1869. St. Petersburg, 1874; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 17. Wien, 1875; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. böhm., in Prag: Sitzungsberichte. 1875, Nr. 1—2. Prag; 8°.
— physikal.-medicin., zu Würzburg: Verhandlungen. N. F. VIII. Band, 3. & 4. (Schluss-) Heft. Würzburg, 1875; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 24. Wien, 1875; 4°.

Greifswald, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften, erschienen seit Januar 1874. 4° & 8°.

Institut National Genevois: Bulletin. Tome XX. Genève, 1875; 8°.

Landbote, Der steirische. 8. Jahrgang, Nr. 12. Graz, 1875; 4°.

Lotos. XXV. Jahrg., März & April 1875. Prag; 8°.

Madrid, Universität: Revista. 2ª Época. Tomo V, Nr 2. Madrid. 1875; kl. 4°.

Musée Teyler: Archives. Vol. III, fasc. 4ᵉ. Harlem, Paris & Leipzig, 1874; 4°. — Verhandelingen rakende de natuurlijke en geopenbaarde godsdienst. Uitgegeven door Teylers godgeleerd Genootschap. N. S. III. Deel, 1ᵉ & 2ᵉ Stuk. Harlem, 1874; 8°.

Museum, The Geological, of India: *Palaeontologiá Indica.* Vol. I. 1. Ser. X. 1. Calcutta, 1874; 4°. Memoirs. Vol. X,

Part 2; Vol. XI, Part 1. Calcutta, 1873 & 1874; kl. 4°. — Records. Vol. VII, Parts 1—4. Calcutta, 1874; 4°.

Nature. Nr. 293, Vol. XII; London, 1875; 4°.

Observatorio de Marina de la ciudad de San Fernando: Almanaque náutico para 1876. Barcelona, 1875; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VII, Nr. 7. Torino, 1875; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht, am 27. Mai 1874 erstattet. St. Petersburg; 8°. — Observations de Pulkowa, publiées par Otto Struve. Vol. VI. St. Pétersbourg, 1873; 4°. — Die Zeitbestimmung vermittelst des tragbaren Durchganginstrumentes im Verticale des Polarsterns. Von W. Döllen. II. Abhandlung. St. Petersburg, 1874; 4°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations made in the Year 1871. Vol. XXXI. Oxford, 1874; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1875. Nr. 7—8. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXV. Band. Jahrg. 1875. Juni—Juli-Heft. Wien; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. XI. Band, 1. Heft. München, 1875; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IVe Année, 2me Série, Nr. 50. Paris, 1875; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1875, Disp. 3a. Palermo, 1875; 4°.

Société Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. 3e Année. 1875. Nrs. 35—36. Amiens; 8°.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome X, 2e Cahier. Paris & Bordeaux, 1875; 8°.

— Hollandaise des Sciences à Harlem: Natuurkundige Verhandelingen. 3de Verz. Deel II, Nr. 1, 3, 4. Harlem, 1874; 4°. Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Tome VIII, 1re & 2e Livraisons; Tome IX, 1re à 5e Livraison. La Haye, Bruxelles, Paris, Leipzig, Londres, New-York, 1873 & 1874; 8°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3e Série. Tome III. 1875, Nr. 4. Paris; 8^{0}.

— Mathématique de France: Bulletin. Tome III. Nr. 1. Paris, 1875; 8^{0}.

Society The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XIX, Nr. 5. London, 1875; 8^{0}.

— The American Philosophical: Proceedings. Vol. XIV, Nr. 92. Philadelphia, 1874; 8^{0}.

Vereeniging, Koninkl. natuurkundige in Nederlandsch Indië: Natuurkundige Tijdschrift. Deel XXII. (VII^{de} Serie Deel II. Aflev. 1—3.); Deel XXXII. (VII^{de}. Serie. Deel III.) Batavia & 's Gravenhage, 1871 & 1873; 8^{0}.

Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung zu Hamburg: Verhandlungen. 1871—1874. Hamburg, 1875; 8^{0}.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 24. Wien, 1875; 4^{0}.

XVI. SITZUNG VOM 24. JUNI 1875.

Die Herren A. Borelly und J. Coggia in Marseille übersenden Dankschreiben für die ihnen für die Entdeckungen teleskopischer Kometen zuerkannten und übersendeten Preise.

Herr Prof. R. Maly in Innsbruck übersendet zwei Abhandlungen seines Assistenten Herrn Dr. Leo Liebermann: „Über den Stickstoff- und Eiweissgehalt der Frauen- und Kuhmilch" und „Beitrag zur Stickstoff-Bestimmung in Albuminaten".

Herr Dr. Joseph Möller, Assistent am hiesigen pharmakologischen Institute, übermittelt eine Abhandlung: „Über die Entstehung des Acacien-Gummi".

Das w. M. Herr Dr. A. Boué überreicht eine Abhandlung: „Über das Alluvialgebiet".

Das w. M. Herr Prof. Brücke spricht über eine neue Art, die Böttger'sche Zuckerprobe anzustellen.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. Hlasiwetz überreicht zwei Abhandlungen des Herrn Th. Morawski in Graz und zwar: 1. „Über die Einwirkung von Chlor auf Lösungen von citraconsaurem Natrium"; 2. „Über das Verhalten von mesaconsaurem Natrium in wässeriger Lösung gegen Chlor".

Herr Hofrath Hlasiwetz legt ferner eine Abhandlung vor: „Über die Gerbsäuren der Eiche" von Prof. Dr. Johann Oser.

Herr A Habel aus New-York hält einen Vortrag: „Über die Art und Weise der Bildung des Whuano (Guano)".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. März 1875. Berlin; 8°.

— — Kgl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte. Philos.-philolog. und histor. Classe. 1875. Bd. I. Heft 1; mathem.-

physikal. Classe. 1875. Bd. I. Heft 1; mathem.-physikal. Classe. 1875. Heft 1. München; 8°. — Über den religiösen Charakter des griechischen Mythos. Festrede von Conrad Bursian. München, 1875; 4°. — Monographie der Sapindaceen-Gattung *Serjania*. Von L. Radlkofer. (Mit dem Aug. Pyr. De Condolle'schen Quinquennal-Preise gekrönte Abhandlung.) München, 1875; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 18. Wien, 1875; 4°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. X. Punt. 4ª; Vol. XI. Punt. 2ª—3ª. Venezia, 1873 & 1874; 8°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome LIIIᵉ. Nr. 209. Genève, Lausanne, Paris, 1875; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXX, Nr. 22. Paris, 1875; 4°.

Erlangen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1874. 4° & 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band Nr. 12. Wien, 1875; 4°.

— Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 10. Berlin, 1875; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 25. Wien, 1875; 4°.

Helsingfors, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873—1874. 4° & 8°.

Instituut, koninkl. Nederlandsch meteorologisch: Jaarboek voor 1870. II. Deel. Utrecht, 1871; Quer-4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVIII, Parte II. Venezia, 1874; 4°. — Atti. Tomo III°, Serie IVª, Disp. 7ª—9ª. Venezia, 1873—74; 8°.

Magazijn voor Landbouw en Kruidkunde: Derde reeks, II. deel, 7.—12 aflev. (1872); III. deel, 1.—8. aflev. (1873.) Utrecht, 8°.

Nature. Nr. 294, Vol. XII. London, 1875; 4°.

Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1872. Washington, 1874; 8°.

Reports, Monthly, of the Department of Agriculture for the Year 1873. Washington, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IVe Année, 2e Série, Nr. 51. Paris, 1875; 4°.

Schlegel, Gustave, Uranographie Chinoise etc. 1re & 2de Partie, avec un Atlas céleste. La Haye & Leyde, 1875; 4°.

Societas, Regia, scientiarum Upsaliensis: Nova acta. Seriei III^{tiae}. Vol. IX. Fasc. I, 1874. Upsaliae; 4°. — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. V. Nrs. 7—13. Juin—Décembre 1873, Upsal, 1873; 4°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XXIIe. 1875. Revue bibliographique A. Paris; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLIII. Band, 2. Heft. Wien, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 25. Wien, 1875; 4°.

Über eine neue Art, die Böttger'sche Zuckerprobe anzustellen.

Von dem w. M. **Ernst Brücke.**

Das Jodwismuthkalium ist in neuerer Zeit zur Ausfällung von Alkaloiden empfohlen worden. Ich habe von demselben noch eine andere Anwendung gemacht.

Es ist bekannt, dass bei der Böttger'schen Zuckerprobe die eintretende Schwärzung nicht nur von reducirtem Wismuthmetall, sondern auch von Schwefelwismuth herrühren kann. Man schützt sich durch eine Gegenprobe gegen Irrthum. Man versetzt einige Kubikcentimeter der zu untersuchenden Flüssigkeit mit Kali, fügt eine kleine Menge von feingepulverter Bleiglätte oder ein paar Tropfen von der Lösung eines Bleisalzes hinzu und kocht. Hatte sich Schwefelwismuth gebildet, so muss sich auch Schwefelblei bilden.

Wenn dies nun aber geschieht, so ist die vollständige Abscheidung der schädlichen Substanz mit den bisherigen Hilfsmitteln keineswegs immer leicht und bequem. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als bei Aufsuchung von Zucker im Harne das Wismuth vor dem in der Trommer'schen Probe angewendeten Kupfer den grossen Vorzug hat, dass es von Harnsäure und von Kreatinin nicht reducirt wird.

Im Harne sind es am häufigsten Blut, Eiweiss, Eiter und eiteriger Schleim, welche zur Bildung von Schwefelwismuth Veranlassung geben.

Das Jodwismuthkalium fällt nun, analog dem von mir früher zu ähnlichem Zwecke [1] angewendeten Jodquecksilberkalium das

---

[1] Über eine neue Methode, Dextrin und Glycogen aus thierischen Flüssigkeiten abzuscheiden. Diese Berichte 1871, Bd. 63, Abth. II, S. 214.

Eiweiss und dessen colloide Abkömmlinge. Hierauf gründet sich das von mir eingeschlagene Verfahren.

Man bereitet sich das Reagens durch Auflösen von frisch gefälltem basisch salpetersaurem Wismuthoxyd in heisser Jodkaliumlösung unter Zusatz von Salzsäure [1]. Man säuert die zu untersuchende Flüssigkeit, z. B. den zu untersuchenden Harn, mit Salzsäure an. Man wird bald, wenn man sich das Reagens in grösserer Menge bereitet hat, aus dem Gebrauche lernen, wie viel verdünnte Salzsäure man hinzuzufügen hat; eine zu grosse Menge ist schon deshalb schädlich, weil sie im Verlaufe des Verfahrens neutralisirt werden muss. Anfangs macht man eine Vorprobe mit einer gleichen Menge Wassers, das so weit angesäuert werden muss, dass hineinfallende Tropfen des Reagens es nicht trüben. Der nöthige Säurezusatz ist hier wieder abhängig von der Menge der freien Säure, die schon im Reagens enthalten ist.

Nachdem man die zu untersuchende Flüssigkeit angesäuert hat, fällt man mit dem Reagens aus, wartet einige Minuten, bis sich der Niederschlag zusammengesetzt hat und filtrirt; das Filtrat darf weder durch einen Tropfen verdünnter Salzsäure, noch durch einen Tropfen des Reagens getrübt werden. Hat man sich überzeugt, dass dies nicht der Fall ist, so übersättigt man reichlich mit einer concentrirten Ätzkalilösung, wobei sich ein weisser flockiger Niederschlag von Wismuthoxydhydrat ausscheidet. Man kocht nun ohne zu filtriren und beobachtet, ob Schwärzung durch reducirtes Wismuth eintritt. Es ist dabei nur zweierlei zu beobachten, erstens, dass man hinreichend kocht, da bei den Wismuthproben die Reduction häufig nur schwierig eintritt, zweitens, dass der entstandene weisse Niederschlag nicht zu reichlich sei, so dass er kleine Mengen von reducirtem Metall oder Oxydul verdecken könnte. Ist dies der Fall, so lässt man den Niederschlag, nachdem er entstanden ist, sich absetzen, giesst die klare Flüssigkeit in ein anderes Probierglas über und lässt ihr noch einige Flocken des Niederschlages folgen, weniger oder mehr, je nachdem man die kleinsten Mengen

---

[1] Vergl. Fron: Jodkaliumwismuth als Reagens auf Alkaloide. Chem. Centrbl. 1875. S. 263. Rep. Pharm. 2—325.

von Zucker nachweisen oder nur untersuchen will, ob etwa grössere Zuckermengen vorhanden sind.

Wenn man das hier beschriebene Verfahren auf mit Wasser verdünntes Blut oder mit Wasser verdünntes Hühnereiweiss anwendet, so bekommt man allerdings noch eine geringe Schwärzung, beziehungsweise Graufärbung, aber dieselbe rührt nicht von Schwefelwismuth her, sondern von den vorhandenen geringen Zuckermengen. Ich habe verdünntes Blut in der Hitze coagulirt, den Niederschlag ausgewaschen, in Kali wieder in der Wärme gelöst, die Lösung mit Salzsäure und Jodwismuthkalium ausgefällt, filtrirt, das Filtrat mit Kali übersättigt und gekocht, und nun keine Spur einer Schwärzung erhalten.

Dasselbe Resultat gab mir Wasser, dem Eiter zugesetzt war, nachdem ich die Flüssigkeit in der vorbeschriebenen Weise mit Jodwismuthkalium ausgefällt hatte.

Auch das Vorhandensein von Schwefelalkalien in Substanz beirrt bei diesem Verfahren die Böttger'sche Probe nicht, da das Wismuth zu denjenigen Metallen gehört, die durch Schwefelwasserstoff schon aus saurer Lösung als Schwefelmetalle gefällt werden. Bei hinreichendem Überschuss des Reagens und mässigem Säuregrade geht aller Schwefel der Schwefelalkalien in Schwefelwismuth über und bleibt auf dem Filtrum zurück. Der Überschuss an Reagens darf nicht zu gering sein. Wenn die Probe auch nur noch einen leisen Geruch nach Schwefelwasserstoff zeigt, so schüttele man anhaltend und füge von Zeit zu Zeit kleine Portionen des Reagens hinzu, bis derselbe vollständig verschwunden ist.

Eine endliche Controle darüber, dass das schwarze Pulver, welches man erhalten hat, Wismuthmetall und nicht auch Schwefelwismuth ist, liegt in Folgendem: Man sammelt das Pulver auf einem kleinen glatten Filtrum, wäscht es zusammen, reisst das überflüssige Papier ab, legt den Rest in eine kleine flache Glas- oder Porcellandose, übergiesst ihn mit Salzsäure, die man durch Verdünnen starker, rauchender Salzsäure mit dem gleichen Volum Wasser erhalten hat, und deckt einen gutschliessenden Deckel darauf, an dessen Innenseite ein Stückchen Filtrirpapier haftet, das man an einer Stelle mit einem Tropfen Blei-

lösung befeuchtet hat. Ist Schwefelwismuth vorhanden, so bräunt sich die mit Bleilösung befeuchtete Stelle.

Ich dachte anfangs daran, die Controle auf leichtere Weise zu erhalten. Ich verbrauchte, nachdem ich die Probe mit Kali übersättigt hatte, nur die Hälfte zur Zuckerprobe; die andere Hälfte filtrirte ich, setzte einige Tropfen einer Bleilösung bis zum Entstehen einer mässigen Trübung hinzu und erhitzte, um zu sehen, ob sich Schwefelblei bilde. Es erwies sich aber, dass das Wismuthoxydhydrat in den alkalischen Flüssigkeiten je nach der Anwesenheit anderweitiger Substanzen mehr oder weniger löslich war. Auch ohne Zusatz von Bleilösung schwärzte sich das klare Filtrat beim Kochen und setzte Wismuthmetall ab, das durch den vorhandenen Zucker reducirt worden war.

Es hätte sich dies voraussehen lassen, da man ja weiss, wie grosse Mengen von Wismuth sich z. B. durch weinsaure Salze in alkalischen Flüssigkeiten gelöst erhalten lassen. Hiernach ist auch die Angabe eines allgemein hochgeschätzten Handbuches einzuschränken, welche dem Wismuthoxydhydrat Unlöslichkeit in alkalischen Flüssigkeiten auch bei Anwesenheit organischer Substanzen nachrühmt.



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXXII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

7.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XVII. SITZUNG VOM 8. JULI 1875.

Der Präsident begrüsst das neu eingetretene Mitglied, Herrn Director G. Tschermak.

Die Direction der Gewerbeschule zu Bistritz in Siebenbürgen dankt mit Schreiben vom 23. Juni für die dieser Lehranstalt bewilligten akademischen Publicationen.

Der Secretär verliest den von Herrn Custos Th. Fuchs erstatteten Bericht über den Erfolg seiner, in Begleitung des Herrn A. Bittner, im Auftrage der Akademie nach Griechenland unternommenen geologischen Untersuchungsreise.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über eine neue Form der Fresnel-Arago'schen Interferenzversuche mit polarisirtem Licht", von dem c. M. Herrn Regierungsrathe E. Mach und W. Rosický in Prag.

„Über die akustische Anziehung und Abstossung", von Herrn Dr. V. Dvořák in Prag.

„Zur elastischen Nachwirkung des tordirten Stahldrahtes", von Herrn Dr. J. Finger, Gymnasial-Professor in Hernals.

„Einige Versuche über magnetische Wirkungen rotirender körperlicher Leiter", von Herrn Dr. J. Odstrčil, Gymnasial-Professor in Teschen.

Herr Dr. Guido Goldschmiedt übersendet eine Abhandlung: „Über die Umwandlung von Säuren der Reihe $C_nH_{2n-2}O_2$ in solche der Reihe $C_nH_{2n}O_2$".

Der Secretär legt ferner das Werk „Theoretische Kinematik" von Herrn F. Reuleaux vor, welches der Verfasser dem Herrn Hofrathe Jelinek mit dem Ersuchen, es der Akademie zu überreichen, eingesendet hat.

Herr C. Puschl, Capitular und Professor in Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung: „Über den Einfluss von Druck und Zug auf die thermischen Ausdehnungscoëfficienten der Körper und über das bezügliche Verhalten von Wasser und Kautschuk".

Das w. M. Herr Hofrath Hlasiwetz überreicht den Schluss seiner, gemeinschaftlich mit Dr. Habermann ausgeführten Untersuchung über das Gentisin.

Derselbe legt ferner eine Abhandlung des Herrn Dr. Habermann über die Salze und einige andere Derivate der Glutaminsäure vor.

Das w. M. Herr Hofrath v. Brücke legt eine vom Cand. med. Holl im physiologischen Institute ausgeführte Arbeit vor, die sich mit dem Baue der Spinalganglien beschäftigt.

Herr Dr. Emil v. Marenzeller überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Zur Kenntniss der adriatischen Anneliden. Zweiter Beitrag (Polynoinen, Hesioneen, Syllideen)."

Herr Prof. Schenk legt eine Abhandlung von Dr. Szymkievicz vor: „Beitrag zur Lehre der künstlichen Missbildungen am Hühnereie."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Academy of Arts and Sciences: Proceedings. New Series. Vol. II. May, 1874—May, 1875. Boston, 1875; 8°.
— Chemist. Vol. V, Nr. 11. New York. 1875; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1875; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik, gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVII. Theil, 4. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2041—2044 (Bd. 86. 1—4.) Kiel, 1875; 4°.

Berlin, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1875. 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1874/5. 8°.

Bonn, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1874. 4° & 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXX, Nrs. 23—24. Paris, 1875; 4°.

Gesellschaft, Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 11. Berlin, 1875; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 13. Wien, 1875; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 26—27. Wien, 1875; 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. V. Band. Jahrg. 1873, Heft 2. Berlin, 1875; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band XI, 9. & 10. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Landbote, Der steierische. 8. Jahrgang, Nr. 13. Graz, 1875; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1875. Juni-Heft. Wien; 8°.

Kaiser Ferdinands-Nordbahn: Protokoll über die Verhandlungen der 51. General-Versammlung der Actionäre derselben. Wien, 1875; 8°. — Geschäfts-Bericht der ausschl. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn und der mährisch-schlesischen Nordbahn für das Betriebsjahr 1874. Wien, 1875; 4°.

Lotos. XXV. Jahrgang. Mai 1875. Prag; 8°.

Madrid, Universität: Revista. 2ª Época. Tomo V. Nr. 4. Madrid, 1875; kl. 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 21. Band, 1875. VI. Heft. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du D^teur^. Quesneville. 403ᵉ Livraison. Paris, 1875; 4°.

Nature. Nrs. 295 & 296, Vol. XII. London. 1875; 4°.

Observatoire de Moscou: Annales. Vol. II. (1ʳᵉ Livraison.) Moscou, 1875; 4°.

Osservatorio, Reale, di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. X. Milano, Napoli, Pisa, 1875; 4°.

— del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. IX, Nr. 8. Torino, 1875; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1875, Nr. 9. Wien; 4°.

Reuleaux, F., Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. I. u. II. Abtheilung. Mit 1 Atlas. Braunschweig, 1875; gr. 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IV[e] Année, 2[me] Série, Nr. 52; V[e] Année, 2[e] Série, Nr. 1. Paris, 1875; 4°.

Società Adriatica di Scienze naturali in Trieste: Bollettino. Anno 1875, Nr. 4. Trieste; 8°.

Société de Médecine et de Chirurgie de Bordeaux: Mémoires et Bulletins. 3[e] et 4[e] fascicules. 1874. Paris, Bordeaux; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Serie 2. Vol. XIII. June 1875. London; 8°.

— The Royal Geographical, of London: Journal. Vol. XLIV. 1874. London; 8°.

Verein für Erdkunde zu Dresden: XI. und XII. Jahresbericht. Dresden, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 26—27. Wien, 1875; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVII. Jahrgang, 10. Heft. Wien, 1875; 4°.

Über den Bau der Spinalganglien.

Von **M. Holl.**

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Es ist eine wesentliche, mehrfach ventilirte Frage der Anatomie des Nervensystems, ob die Wurzelganglien der Spinalnerven so gebaut sind, dass jede Ganglienzelle in dem Verlaufe einer Nervenfaser eingeschaltet und also einfach bipolar ist; so dass die Zahl, der in das Ganglion ein- und austretenden Nervenfasern gleich gross sein muss; oder ob der Bau des Ganglion ein anderer ist, beziehungsweise ob Nervenfasern innerhalb des Ganglion entspringen.

Die Entscheidung dieser Frage ist auf verschiedene Art versucht worden; zunächst hat man die Ganglienzellen durch Zerzupfung des Ganglions zu isoliren gesucht, um sie auf die Anzahl von Nervenfasern, welche von ihnen abgehen, zu untersuchen. Man ist dabei zu verschiedenen Resultaten gekommen.

Volkmann [1] war einer der Ersten, der die Structur der Ganglien und zwar der Spinalganglien beim Frosche näher untersuchte und zum Resultate gelangte, dass dieselben apolare Zellen seien, indem er fand, dass Nervenfasern, die in ein Ganglion (spinales Ganglion vom Frosch) eintreten, das Ganglion durchsetzen und als austretende Fasern erscheinen; indem er selbst sagt: „Die Nervenfasern (die eintretenden) endigen nie in Kugeln sondern sie ziehen sich zwischen denselben hin". Hierauf trat R. Wagner [2] für die Bipolarität auf, indem er jede einzelne Nervenfaser in eine Ganglienzelle eintreten und wieder austreten

---

[1] Über die Faserung des Rückenmarkes und der sympathischen Nerven in *Rana esculenta*. Müller's Archiv 1838, pag. 293.

[2] Neue Untersuchungen über die Elemente der Nervensubstanz. Cannstatt's Jahresbericht. Erlangen 1847, pag. 82.

lässt und sich hiebei auf seine Untersuchungen an Spinalganglien, Ganglien des Vagus und des Trigeminus von Fischen und vom Frosch stützt. Nach ihm müssen alle Nervenfasern eines Nerven, der ein Ganglion bildet, durch eine Ganglienzelle hindurchtreten, um als austretende Fasern wieder zum Vorschein zu kommen, und er hielt einfach durch ein Spinalganglion durchsetzende Nervenfasern für sehr zweifelhaft, ebenso zweifelhaft, dass die Summe der austretenden Fasern grösser sei als die der eintretenden oder wie er sagt, dass eine Multiplication von Fasern nach der Peripherie zu vorkommt; es muss also nach ihm die Summe der z. B. in ein Spinalganglion eintretenden Nervenfasern gleich sein der Summe der austretenden, und jede Nervenzelle im Ganglion bildet wie Wagner [1] sagt, gewissermassen eine Anschwellung einer jeden einzelnen Nervenfaser, die Ganglien wären also durchwegs bipolar. Wagner [2] sagt auch, dass Bidder [3] der Erste gewesen, der angiebt, dass die Ganglienzelle in einer entsprechenden Erweiterung einer Nervenfaser liege. Robin [4], der die Spinalganglien des Rochen untersuchte, fand, dass ein jeder Ganglienkörper mit zwei breiten Nervenfasern in Verbindung stehe, von welchen die eine nach dem Rückenmarke fortläuft, die andere nach der Peripherie. Wagner [5] fand das gleiche Verhältniss bei Torpedo, Raja, Squalus und beim Frosche. Bidder [6] und Reichert [7] geben an, dass man solche Präparate am Besten bei Spinalganglien vom Hechte, *Gadus lota*, *Perca fluviatilis* etc. erhält.

Beck [8] erklärt hingegen die Ganglienzellen für unipolar, indem er behauptet, dass alle in einem Ganglion vorkommenden Ganglienzellen die Ursprungsstellen einfacher, und zwar peripherisch verlaufender Fasern sind. Die Fasern sind theils feine, theils starke; die in ein Ganglion eintretenden Nervenfasern

---

[1] Cannstatt's Jahresbericht, Erlangen 1848, pag. 59.
[2] l. c.
[3] Cannstatt's Jahresbericht, Erlangen 1848, pag. 59.
[4] Müller's Archiv, Jahrgang 1847, pag. 40.
[5] Müller's Archiv, Jahrgang 1847, pag. 41.
[6] Müller's Archiv, Jahrgang 1847, pag. 42.
[7] Müller's Archiv, Jahrgang 1847, pag. 42.
[8] Cannstatt's Jahresbericht, Erlangen 1848, pag. 62.

sehe man zwischen den Ganglien ohne Vereinigung mit denselben durchtreten und mit den in den Ganglien selbstständig entspringenden Fasern peripherisch weiter ziehen. Stannius[1] hinwieder spricht von bipolaren Nervenkörpern in den Spinalganglien und hält die Existenz von unipolaren Ganglienkörpern bei den Fischen für sehr zweifelhaft; wo die Präparation leicht und das Präparat klar vorliegt, zeigen sich immer nur bipolare Ganglienkörper. Axmann[2] hat sich für die Bipolarität entschieden, jedoch nur reservirt. Er sagt, dass die Ganglienkugel in den spinalen Ganglien bei Fröschen an beiden Polen in Nervenfaserfortsätze auslaufe; jedoch die Zahl solcher bipolarer Zellen geringer sei, als die der apolaren oder unipolaren. Axmann[3] hat die Verbindung von Nervenkörpern mit zwei Nervenfasern in den spinalen Ganglien und im Gasser'schen Ganglion der Frösche und Kaninchen gefunden und gesehen, dass die eine Faser nach dem Centrum hin, die andere in entgegengesetzter Richtung ihren Lauf fortsetzte. Courvoisier[4] erklärte die Spinalganglienzellen mit Entschiedenheit für unipolar. Dieser Ansicht schlossen sich Hoffmann[5] und Schwalbe[6] an und letzterer sagt aus, dass die hier entspringenden Nervenfasern peripherisch verlaufen. In neuester Zeit nun gelangte Arndt[7] durch seine Beobachtungen über die Nervenzellen der spinalen Ganglien zu dem positivsten Resultate, dass die Ganglienzellen bipolarer Natur sind, und zwar bei allen Thierclassen, entgegen der Ansicht von Schwalbe[8] und Henle[9].

Der zweite Weg, den man einschlagen kann, der Weg des Zählens, scheint nur zweimal betreten worden zu sein und zwar mit sehr verschiedenem Erfolge. Rudolph Wagner[10], der

[1] Müller's, Archiv Jahrgang 1850, pag. 59.

[2] Cannstatt's Jahresbericht. Erlangen 1849, pag. 43.

[3] Müller's Archiv, Jahrgang 1849, pag. 56.

[4] Henle's Bericht über die Fortschr. der Anatomie und Physiologie im Jahre 1868, pag. 63.

[5] Ibidem.

[6] Ibidem.

[7] Archiv für mikroskopische Anatomie. Bonn 1874, pag. 148.

[8] l. c.

[9] Handb. d. systemat. Anatomie Bd. III. 2, pag, 22.

[10] Cannstatt's Jahresbericht. Erlangen 1848, pag. 61.

sich für die Bipolarität der Ganglienzellen ausspricht, zählte die eintretenden Nervenfasern, die austretenden und die Ganglienzellen an einem sensiblen Nerven des Frosches und sagt: „Er glaube in der Regel ziemlich so viele Fasern in ein Ganglion ein- und austreten gesehen zu haben, als Ganglienzellen vorhanden waren, so z. B. in Spinalganglien 250—400 Ganglienkörper und ebenso viele Fasern in der Wurzel". Andererseits hat Beck [1] Zählungen vorgenommen. Er sagt: „Bei mikroskopischer Zählung der Nervenröhren ergab sich, dass aus dem Ganglion viel mehr Fasern aus- als eintreten, dass weniger Ganglienkugeln als Fasern vorhanden sind, und dass gerade die Anzahl der Ganglienkugeln dem Zuwachs an Fasern im Ganglion entspricht". Ich habe diesen Weg der Untersuchung wieder aufgenommen, aber von vorneherein auf die Zählung der Ganglienzellen als zu unsicher verzichtet. Die Nervenfasern glaube ich dagegen mit den jetzigen Hilfsmitteln der mikroskopischen Technik genauer gezählt zu haben, als sie vor 28 Jahren gezählt werden konnten. Ich verfuhr auf zweierlei Weise; theils härtete ich in Überosmiumsäure, bettete das Ganglion mit Wurzel und Stamm in einer erstarrenden Mischung von weissem Wachs und Öl ein, und machte Querdurchschnitte, einerseits unmittelbar über dem Ganglion durch die Wurzeln, das andere Mal unter dem Ganglion durch den Stamm. Diese Überosmiumpräparate liessen sich, wo sie fehlerfrei waren, leichter zählen als solche, welche ich mir auf einem anderen Wege verschaffte; aber die Härtung und Färbung mit Überosmiumsäure war nur auf sehr dünne Nerven anwendbar, bei dickeren blieb leicht in der Mitte ein farbloser Strang; ich habe deshalb auch Ganglien mit Wurzel und Stamm in Chromsäure gehärtet und hinterher mit Carmin gefärbt. Schliesslich muss ich noch bemerken, dass ich die motorische Wurzel immer mit genommen und mit gezählt habe. Meine Zahlen geben also die Gesammtsumme der Wurzelfäden des untersuchten Nerven. Ein Fehler konnte hiedurch nicht entstehen, da ja die Differenz zweier Zahlen dadurch nicht grösser oder kleiner werden kann, dass man zu beiden ein- und dieselbe Zahl hinzuaddirt. Ich hatte mir aber nur die Mühe des Zählens

[1] l. c.

vergrössert; aber dies wurde desshalb nöthig, weil ich zwischen dem Ganglion und der Vereinigungsstelle beider Wurzeln nicht hinreichenden Raum für zellenfreie Schnitte fand.

Die Nerven, welche ich zu meinen Zählungen benützte, waren zweierlei. Zweimal habe ich Zählungen gemacht an dem letzten Nerven oberhalb des *Plexus ischiadicus*, welcher zur Lenden- und Weichengegend des Frosches herabsteigt; diese beiden Zählungen sind im Folgenden unter I und II angeführt. Die zwei anderen Zählungen, die unter III und IV angeführt sind, habe ich an dem nächstfolgenden Nerven gemacht, also an dem obersten des *Plexus ischiadicus*. Aus der sehr ungleichen Dicke dieser beiden Arten von Nerven erklären sich die bedeutenden Unterschiede in den gefundenen absoluten Zahlen. Dass bei den einzelnen Arten die Zahl nicht ganz gleich ausfiel, ist wohl mit Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass sich ja bei den verschiedenen Individuen, die vom Rückenmark abtretenden Fasern nicht nothwendig ganz gleich in den Wurzeln zu vertheilen haben.

Es wurden also vier Nerven vom Frosche gezählt. Davon enthielt an Nervenfasern:

I. die motorische Wurzel 196
die sensitive Wurzel 339

beide zusammen 535.

Die Zählung des Stammes ergab die Zahlen 540, 535 und 534.

II. die motorische Wurzel 174
die sensitive Wurzel 462
Summe . . . . . 636.

Der Stamm enthielt 647; die Differenz betrug also 11.

III. die motorische Wurzel . 595 } = 1393
die sensitive Wurzel . . 798 }

Stamm 1416; Differenz 23.

IV. die motorische Wurzel . . . 731
die sensitive Wurzel 995
Summe 1726

Stamm 1739; Differenz 13.

Um auch dem Einwande zu begegnen, dass ein Wurzelganglion eines Frosches wesentlich anders sein könne als ein Wurzelganglion eines Säugethieres, wurden auch Präparate von Katzennerven gezählt. Es waren hier die oberen und mittleren Dorsalnerven, welche sich wegen ihrer Dünnheit am meisten dazu eigneten.

I. ergab für

die motorische Wurzel....	358
die sensitive Wurzel......	898
Summe....	1256

Der Stamm enthielt 1258 Nervenfasern, also war die Differenz 2.

II.	die motorische Wurzel....	722
	die sensitive Wurzel......	989
	Summe....	1711

Stamm 1696. Differenz 15.

Die vorstehenden Zahlen sprechen deutlich dafür, dass im Ganglion keine Vermehrung der Nervenfasern stattfindet, oder dass doch die Vermehrung im Vergleiche mit der Gesammtsumme eine ausserordentlich geringe ist; bei Präparat I ergab sich, je nach den Zählungen, welche man zu Grunde legt, eine Zunahme von 0·9, 0·0 Percent und endlich sogar eine Abnahme von 0·2 Percent; II ergab eine Zunahme von 1·7; III eine desgleichen von 1·6 und IV endlich eine von 0·7 Percent.

Das Präparat I, welches von Katzennerven stammt, erweist eine Zunahme von 0·2 Percent, während das Präparat II eine Abnahme von 0·9 Percent ausweist.

Es ist hienach wohl im hohen Grade wahrscheinlich, dass die Differenzen ihren Grund in Zählungsfehlern und nicht in wirklichen Unterschieden finden; wenn man aber dieses annimmt, so muss man sich auch auf die Seite Derjenigen stellen, welche nicht nur für die Fische, sondern für die Wirbelthiere überhaupt wenigstens nach den bisherigen Untersuchungen auch für die nackten Amphibien und die Säugethiere den Satz gelten lassen, dass das Wurzelganglion dadurch entsteht, dass die einzelnen Wurzelfasern in ihrem Verlaufe zu Ganglienkugeln anschwellen, welche bipolar sind, das heisst, keine anderweitigen zur Wurzel oder zum Stamm verlaufenden Nervenfasern abgeben. Die An-

sicht, dass in den Spinalganglien unipolare oder multipolare Ganglienzellen enthalten seien, welche Nervenfasern zur Peripherie schicken, ist dann als widerlegt anzusehen. Der Umstand, dass von Spinalganglien manchmal die beiden Nervenfaserfortsätze nahe nebeneinander entspringen, und anscheinend beide nach einer Seite verlaufen, ist meiner Meinung nach ganz bedeutungslos; denn bei dem bedeutenden Anschwellen der Nerven in seinem Ganglion, ist es ganz begreiflich, dass die Nervenzelle nicht immer in der geraden Bahn des Nerven liegen kann, sondern dass sie seitlich aus derselben ausweicht und deshalb ihre beiden Verbindungen mit demselben Nerven an einer und derselben Seite liegen, obgleich die eine centripetal, die andere centrifugal ist.

XVIII. SITZUNG VOM 15. JULI 1875.

Der Secretär theilt die eingelangten Dankschreiben mit, und zwar: vom Herrn A. Des Cloizeaux in Paris für seine Wahl zum ausländischen correspondirenden Mitgliede, von den Herren Professoren Camil Heller in Innsbruck und Emil Weyr in Prag für ihre Wahlen zu inländischen correspondirenden Mitgliedern der Classe, und vom Herrn Prof. Boltzmann für den ihm zuerkannten Freih. v. Baumgartner'schen Preis.

Herr Dr. G. Schweinfurth, Präsident der neu gegründeten „Société Khédiviale de Géographie" zu Cairo übersendet die Statuten dieser Gesellschaft nebst einem Exemplare der bei ihrer Inauguration von ihm gehaltenen Rede und stellt an die Akademie das Ansuchen, mit der Gesellschaft in wissenschaftlichen Verkehr und Schriftentausch zu treten.

Herr Martin Egger, Professor der Physik zu Mariaschein, übersendet einen Bericht des Rudolf Handmann über den von ihm erfundenen elektromagnetischen Motor, und ersucht um eine Subvention zum Zwecke der exacteren Ausführung desselben.

Das c. M. Herr Prof. Pfaundler in Innsbruck übersendet eine Untersuchung von H. Hammerle: „Über die Löslichkeit des Chlorcalciums in Wasser".

Herr C. Puschl, Professor und Capitular in Seitenstetten, übersendet eine Note über „Erniedrigung der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums des Wassers durch Druck".

Das w. M. Herr Prof. C. Langer legt eine Abhandlung vor unter dem Titel: „Über das Gefässsystem der Röhrenknochen mit Beiträgen zur Kenntniss des Baues und der Entwicklung der Knochen".

Der Secretär überreicht eine Abhandlung: „Versuche über das Wärmeleitungsvermögen von Gasgemengen", von Herrn J. Plank, Assistenten am k. k. physikalischen Institute.

Herr Dr. Sigmund Exner legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges“.

Herr Dr. Ernst Fleischl legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Über die Graduirung von Inductions-Apparaten“.

Herr Professor Wiesner übergibt eine Abhandlung unter dem Titel: „Untersuchungen über die Bewegung des Imbibitionswassers im Holze und in der Membran der Pflanzenzelle“.

Derselbe legt ferner eine Arbeit des Herrn Gottlieb Haberlandt über die Morphologie und Biologie der Lenticellen vor, welche im pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität ausgeführt wurde.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1875; 8°.

Beobachtungen, Meteorologische, angestellt in Dorpat im Jahre 1874. IX. Jahrgang. II. Band, Heft 4. Dorpat, 1875; gr. 8.

Brasilien, Das Kaiserthum —, im Jahre 1873. Rio de Janeiro, 1874; 8°.

Commission de Météorologie de Lyon: 1873. 30ᵉ Année. Lyon 1875; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXX, Nr. 25. Paris, 1875; 4°.

Cooke, Josiah P., Melanosiderite: A New Mineral Species, from Mineral Hill, Delaware County, Pennsylvania. 8°.

Dolkowski, Eduard von, Beitrag zur Histologie der Tracheobronchialschleimhaut etc. 1875; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1875; 4°.

Institut, k. k. Militär-geographisches, in Wien: Die astronomisch-geodätischen Arbeiten desselben. III. Band. Wien, 1875; 4°.

Jordan, Alexis, Remarques sur le fait de l'existence en société, à l'état sauvage des expèces végétales affines et sur d'autres faits relatifs à la question d'espèce. Lyon; 8°.

Lyman, Theodore, Commemorative Notice of Louis Agassiz. 8°.

Marchand, Eugène, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil etc. Paris; 8°.

Maschek, Luigi, Manuale del Regno di Dalmazia per l'anno 1875. Anno V. Zara, 1875; 8°.

Mensbrugghe, G. van der, L'électricité statique exerce-t-elle une influence sur la tension superficielle d'un liquide? Bruxelles, 1875; 4°. — La théorie capillaire de Gauss et l'extension d'un liquide sur un autre. Bruxelles, 1875; 8°.

Milberg, Herman, Das Gesetz des Wasserlaufes. Hamburg, 1875; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1875, 6. Heft. Wien; 8°.

Nature. Nr. 297, Vol. XII. London, 1875; 4°.

Omboni, Giovanni, Di alcuni oggetti preistorici delle caverne di Velo nel Veronese. Milano, 1875; 8°.

Peabody Institute: Eight Annual Report of the Provost to the Trustees. Baltimore, 1875; 8°.

Regel, E., *Alliorum adhuc cognitorum monographia. Petropolis, 1875*; kl. 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". Ve Année, 2e Série, Nr. 2. Paris, 1875; 4°.

Société des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 28e Année, 1er Cahier. Paris, 1875; 8°. — Séances du 8 Janvier au 18 Juin 1875. 8°.

Warren, G. K., An Essay concerning Important Physical Features exhibited in the Valley of the Minnesota River and upon their Signification. Washington, 1874; 4°.

Weyr, Em., Principes d'une théorie des systèmes symétriques d'éléments. Bordeaux, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1875; 4°.

Über die Graduirung elektrischer Inductions-Apparate.

Von Dr. **Ernst Fleischl,**
Privatdocenten und Assistenten am physiologischen Institute zu Wien.

In den „Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule“ [1] und in A. B. Meyer's Inauguraldissertation: „Beiträge zur Lehre von der elektrischen Nervenreizung“ [2] findet sich die Beschreibung einer von Fick herrührenden Methode zur Graduirung von Schlitten-Inductions-Apparaten. Nach dieser Methode gewinnt man den Werth der secundären Stromesschwankung als Function der Entfernung der primären von der secundären Spirale, indem man die Ausschläge registrirt, welche der Magnet einer Spiegelboussole macht, die in Verbindung mit den Polen der secundären Spirale ist, wenn man den Abstand dieser Spirale von einer primären Spirale von Fall zu Fall ändert und jedesmal einen Strom von derselben Intensität in der primären Spirale schliesst oder öffnet. Abgesehen von einem principiellen Bedenken, welches man vielleicht gegen die Brauchbarkeit einer auf diese Weise gewonnenen Scala für physiologische Zwecke erheben könnte, leidet sie an einer gewissen Schwierigkeit in der Ausführung. Die Intensitäten der inducirten Ströme ändern sich nämlich in einer bestimmten Gegend der Function so rasch mit den Rollenabständen, dass man genöthigt ist, eine Änderung in dem Grade der Astasie des Magnetes vorzunehmen, um wieder brauchbare Ausschläge zu bekommen. Diese Schwierigkeit hat H. Kronecker durch ein sehr sinnreiches Verfahren umgangen, welches er in seiner Untersuchung „Über die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln“ [3]

[1] Wien, 1869.
[2] Zürich, 1867.
[3] Leipzig, Berichte d. sächs. Ges d. Wissensch.

(pag. 699 Anm.) beschrieben hat. Es besteht in der Zuhilfenahme eines zweiten Inductions-Apparates, dessen primäre Spirale von demselben Strome durchflossen wird, welcher auch die primäre Spirale des ersten Apparates durchfliesst, aber in entgegengesetzter Richtung.

Das oben erwähnte principielle Bedenken bestand in folgender Erwägung. Die Fick'sche, sowie die von Kronecker modificirte Methode gibt für die verschiedenen Rollenabstände Werthe, welche praemissis praemittendis proportional sind den Integralen der entsprechenden secundären Stromesschwankungen. Im Allgemeinen gibt aber der Integralwerth einer Stromesschwankung kein Mass ab für seinen physiologischen Effect und die nach Fick gewonnene Scala ist nur dann eine Scala der Nervenreize, als welche sie doch dienen soll, wenn bei Veränderung des Abstandes der beiden Spiralen sich nur der Integralwerth nicht aber auch die Form der Stromschwankungscurven ändert.

Ich will nun in Folgendem eine physiologische Methode der Schlittengraduirung beschreiben, welche von diesem Bedenken frei ist und die ausserdem noch den Vortheil bietet, dass zu ihrer Ausführung keine Boussole nothwendig ist.

Man richtet ein Muskelnerven-Präparat in der Weise her, dass man den Unterschenkel und die Pfote eines kräftigen Sommerfrosches intact und mit Haut bekleidet lässt und den *Nervus ischiadicus* frei präparirt und dicht an der Wirbelsäule abschneidet. Der Nerv wird dann ganz unten, dicht am Muskel über ein unpolarisirbares Elektrodenpaar gebrückt und das Ganze in einer feuchten Kammer untergebracht. Eine derartige Disposition der Reizelektroden ist eine unerlässliche Bedingung für das Constantbleiben der Reizbarkeit, wegen des bekannten Einflusses der Nähe eines Querschnittes auf die Erregbarkeit eines Nerven. Die Elektroden werden mit den Polen der secundären Spirale verbunden und die Pole einer constanten Kette mit den Enden der primären Spirale. In den primären Kreis kommt ausserdem noch ein unpolarisirbares Flüssigkeitsrheostat (welches auch in eine Nebenschliessung gestellt werden könnte) und ein Schlüssel, der eine vollkommen gleichartige Schliessung verbürgt (in meinen Versuchen ein nach dem Princip des Pflüger-

schen Hammers construirter Fallapparat). Je mehr die Widerstände der metallischen und Kettentheile des primären Kreises gegen die Widerstände der Flüssigkeitsrheostaten verschwinden, desto genauer fallen die Bestimmungen aus. In meinen Versuchen haben sich die aus der Vernachlässigung jener Widerstände entspringenden Fehler durch eine directe Bestimmung der Widerstände und der Werthe des Rheostaten als weit unter der Grenze der Versuchsfehler liegend, herausgestellt. Gearbeitet wird nun so, dass man für jede Stellung der secundären Spirale allmälig durch Verstellen des Rheostaten die Stärke des primären Stromes so weit steigert, bis zuerst eine minimale Zuckung des Froschschenkels eintritt, wenn der primäre Kreis geschlossen wird. Die Öffnungs-Inductionsschläge werden vom Präparat abgeblendet. Man bekommt so zwei Reihen: Eine Reihe von Rollenabständen und eine Reihe von Rheostatabständen, id est von Intensitäten des primären Stromes.

Alle Paare zusammengehöriger Glieder dieser beiden Reihen sind unter einander physiologisch gleichwerthig.

Bei a, b, c-facher Entfernung der beiden Spiralen von einander findet man m, n, o-fache Stromstärken in der primären Spirale für nothwendig, um denselben Effect zu erzielen, folglich hätten bei gleichbleibender Intensität des primären Stromes die entsprechenden Effecte die Werthe gehabt: $\frac{1}{m}, \frac{1}{n}, \frac{1}{o}$. Man kann nun ohne Weiters die Distanzen der Spiralen als Abscissen, die reciproken Werthe der Stromstärken des primären Stromes (also die Widerstände) als Ordinaten auftragen und bekommt auf diese Weise eine Curve. Diese Curve hat für jedes einzelne Präparat eine merkwürdige Constanz. Wenn man z. B. zu graduiren angefangen hat bei übereinandergeschobenen Rollen und äusserst schwachen primären Strömen und zuletzt zu den grössten Rollendistanzen und sehr starken primären Strömen gekommen ist, so kann man sofort umkehren, und den ganzen Weg nun in verkehrter Richtung zurücklegen. Es ist erstaunlich, wie genau man hierbei wieder zu denselben Resultaten kommt, wie nahe also die beiden auf diese Weise gewonnenen Curven zusammenfallen.

Aber auch die an verschiedenen Nervenpräparaten gewonnenen Curven sind einander und der nach dem Fick'schen Verfahren construirten Curve für denselben Inductions-Apparat im Wesentlichen so ähnlich, dass man jenes im Anfang dieses Aufsatzes hingestellte theoretische Bedenken gegen die physiologische Anwendbarkeit der Fick'schen Curve als durch Erfahrung erledigt betrachten darf.

Wie alle diese Curven lehren, nimmt die Intensität der secundären Ströme, sowohl wenn die beiden Rollen ziemlich weit auseinanderstehen, als auch wenn sie sich theilweise decken, nahezu linear mit ihrer Entfernung von einander ab — im ersten Falle langsam, im zweiten sehr rasch. Diese beiden nahezu geradlinigen Schenkel der Curve gehen durch ein stark gekrümmtes Stück in einander über, welches jener Stellung der beiden Rollen entspricht, bei welcher sie eben anfangen übereinander zu greifen.

Die hier beschriebene Methode bietet ausserdem, dass sie die Übertragbarkeit der Fick'schen Curve auf physiologische Fälle nachweist, die Möglichkeit einer Graduirung von Schlitten-Inductorien auch in solchen Anstalten, an welchen man nicht über Boussolen oder Dynamometer verfügt. Wo man solche zur Hand hat, wird man sich wohl immer der Fick'schen Graduirungsmethode, besonders in der Kronecker'schen Modification bedienen.

XIX. SITZUNG VOM 22. JULI 1875.

Der Präsident gedenkt des schmerzlichen Verlustes, den die Akademie durch das am 18. Juli erfolgte Ableben ihres wirklichen Mitgliedes, des Herrn Hofrathes Johann Gabriel Seidl erlitten hat.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Prof. Dr. R. Clausius in Bonn dankt mit Schreiben vom 13. Juli für seine Wahl zum ausländischen correspondirenden Mitgliede der Classe.

Die Direction des k. k. militär-geographischen Institutes übersendet der Akademie mit Zuschrift vom 17. Juli die bis jetzt erschienenen 32 Blätter der Specialkarte von Österreich-Ungarn.

Das c. M. Herr Prof. E. Mach in Prag übersendet eine mit Herrn Studiosus J. Merten ausgeführte Arbeit: „Bemerkungen über die Veränderung der Lichtgeschwindigkeit im Quarz durch Druck".

Das c. M. Herr Prof. Camil Heller in Innsbruck übersendet eine Abhandlung: „Die Crustaceen, Pycnogoniden und Tunicaten der k. k. österreichisch - ungarischen Nordpolexpedition".

Herr Prof. V. v. Ebner in Graz übersendet eine Abhandlung: „Über den feineren Bau der Knochensubstanz".

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang übergibt eine für die Denkschriften bestimmte Mittheilung, betitelt: „Construction des Reflexionsgoniometers".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, Regia, di Scienze, Lettere & Arti in Modena: Memorie. Tomo XV. Modena, 1875; 4⁰.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2045 (Bd. 86. 5.) Kiel, 1875; 4⁰.

Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité im Jahre 1874. Wien, 1875; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nr. 1 Paris, 1875; 4⁰.

Ecker, A., Kleine embryologische Mittheilungen. 8⁰. — Über eine menschliche Niederlassung aus der Renthierzeit im Löss des Rheinthales bei Munzingen unweit Freiburg. Braunschweig 1875; 4⁰. — Einige Bemerkungen über einen schwankenden Charakter in der Hand des Menschen. 4⁰.

Gesellschaft, k. k., geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVIII (neuer Folge VIII), Nr. 6 & 7. Wien, 1874; 8⁰.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 14. Wien, 1875; 4⁰.

— Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 12. Berlin, 1875; 8⁰.

— der Wissenschaften, K. böhmische: Abhandlungen vom Jahre 1874. Sechste Folge. VII. Band. Prag, 1875; 4⁰. — *Regesta diplomatica nec non epistolaria Bohemiae et Moraviae. Pars. II. Annorum 1253—1310. Opera Josephi Emler. Vol. 7. Pragae, 1875*; 4⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 29. Wien, 1875; 4⁰.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1875. 4⁰.

Institut, k. k. Militär-geographisches: Specialkarte der österr.-ungar. Monarchie im Masse von 1 : 75000. (32 Blätter) Folio.

Isis: Sitzungs-Berichte. Jahrgang 1874. Nr. 10—12. Dresden, 1875; 8⁰.

Larsen, Alfred, & J. B. Halvorsen, La vie et les oeuvres de Peter Christen Asbjornsen. Christiania, 1873; 4°.

Lotos. XXV. Jahrgang. Juni 1875. Prag; 8°.

Museum of Comperative Zoölogy at Harvard College: Illustrated Catalogue. Nr. VII. Part. IV; Nr. VIII. I. Cambridge, 1874; 4°.

Nature. Nr. 298, Vol. XII. London, 1875; 4°.

Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1873. Washington, 1874; 8°.

— of the United States Geological Survey of the Territories. Vol. VI. Washington, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. V° Année, 2° Série, Nr. 3. Paris, 1875; 4°.

Société Imperiale Russe de Géographie: Mémoires. Section de Géographie. Tome III. (1873); Section d'Ethnographie. Tomes III und V. (1873); Section de Statistique. Tomes III & IV. (1873 & 1874) St.-Pétersbourg; gr. 8°. — Bulletin Tomes VIII, IX & X. St.-Pétersbourg, 1872. 1873 & 1874; 8°. — Travaux de l'expedition ethnographique dans la Russie occidentale. Tome V. St.-Pétersbourg, 1874; kl. 4°. — Travaux de l'enquête sur le commerce des grains en Russie, dans la région centrale. St.-Pétersbourg, 1873; gr. 8°. — Mêmes travaux. Région Volga-Newa. Par M. J. Borkowsky. St.-Pétersbourg, 1874; gr. 8°. — Mêmes travaux. Région occidentale. Par M. Raïévsky. St.-Pétersbourg, 1874; gr. 8°. — Travaux de l'expédition scientifique en Sibérie. Partie botanique. Tome II. (1874); Partie géologique. Tome III. (1873); St.-Pétersbourg; 4°. — Description géographique, par C. Ritter. Le Turkestan chinois et le Turkestan oriental. Tome V. (1869); Supplément. Tome V. (1873); Iran. Tome VI. (1874); 8°. — Exploration du Turkestan, par N. Severzoff. St.-Pétersbourg, 1873; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I. Nr. IV. 1874. Calcutta; 8°. — Proceedings. Nr. X. December 1874; Nr. I. January 1875. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* N. S. Nr. 313. Calcutta, 1875; 8°.

— The Zoological, of Philadelphia: III[d] Annual Report. Philadelphia, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 29. Wien, 1875; 4°.

Über den feineren Bau der Knochensubstanz.

Von Prof. V. v. Ebner in Graz.

(Mit 4 Tafeln.)

I. Einleitung.

Es gibt wenige Capitel der Histologie, die sich einer so eifrigen Bearbeitung erfreuen, wie die Genese des Knochengewebes. Jedes Jahr erscheinen eine Reihe diesen Gegenstand von den verschiedensten Gesichtspunkten aus behandelnde Untersuchungen, ohne dass bisher auch nur in den wesentlichsten Fragen eine Übereinstimmung der Ansichten zu erzielen gewesen wäre. So steht, um sogleich einen Cardinalpunkt hervorzuheben, die Frage, ob das Knochengewebe überall aus derselben gleichartigen Anlage entstehe oder ob es bald aus einem eigenthümlichen embryonalen Gewebe, bald aus hyalinem Knorpel, bald aus fibrillärem Bindegewebe hervorgehen könne, noch fast genau in demselben Stadium, wie im Jahre 1858, als H. Müller seine Untersuchungen über die Entwickelung der Knochensubstanz veröffentlichte. Ebenso ist fraglich, wie die Knochenbildungszellen sich in Grundsubstanz und Knochenzellen differenziren, wie die Knochenhöhlen und ihre Ausläufer sich bilden, woher die lamellöse Schichtung stammt, ferner, ob das Gewebe, nachdem es einmal deutlich angelegt ist, noch weitgehender Veränderungen fähig ist. Damit in innigem Zusammenhange steht endlich die fundamentale in ganz entgegengesetztem Sinne beantwortete Frage, ob das einmal gebildete Gewebe unter normalen Verhältnissen Zeit Lebens fortbesteht, oder vielleicht ganz oder theilweise im Laufe des Wachsthumes zerstört und durch neu gebildetes Gewebe ersetzt wird.

Der Grund, dass sich unser unbestrittenes osteogenetisches Wissen, trotz aller eifrigen Arbeit, in einem so bedauerlichen Zustande befindet, liegt, wie ich glaube, in der mangelhaften Kenntniss der feineren Knochenstructur. Mehr als zwei Decennien sind verflossen, seitdem Sharpey, Kölliker, Tomes und De Morgan den histologischen Bau der lamellösen Knochensubstanz studierten, und seit dieser Zeit hat man sich fast gar nicht mehr mit ähnlichen Untersuchungen abgegeben. Als durch Virchow's cellulare Doctrin auch eine neue Auffassung der Knochenkörperchen begründet wurde, wendete sich das Interesse der Forscher fast ausschliesslich den im Knochengewebe befindlichen Zellen zu, während die Grundsubstanz meist nur in so weit Berücksichtigung fand, als dies für die Untersuchung der Knochenkörperchen von Bedeutung schien. Es ist aber klar, dass eine möglichst genaue Kenntniss des fertigen Knochengewebes einer erfolgreichen Bearbeitung der Knochenentwickelung vorausgehen muss, wenn man den Massstab der Beurtheilung, was als Knochengewebe zu bezeichnen sei, nicht der Entwickelungsgeschichte, sondern ausschliesslich nur den Eigenschaften des ausgebildeten Gewebes entnimmt. Gerade die Knochengrundsubstanz, als der charakteristische, wesentlich die mechanischen und chemischen Eigenschaften des Gewebes bedingende Bestandtheil, bedarf einer eingehenden Prüfung, und es liegen Thatsachen genug vor, welche darauf hinweisen, dass dieselbe nicht überall von so gleichmässiger Beschaffenheit ist, wie es die Annahme voraussetzt, welche Alles, was man als Knochen bezeichnet, unter einen einheitlichen Gewebebegriff subsummirt. Die zelligen Elemente der Bindesubstanzen sind zu wechselnd in ihrer Form, und bezüglich ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften zu wenig genau bekannt, als dass sie allein zur Unterscheidung verschiedener Gewebeformen ausreichen würden. Es liegt die Möglichkeit nahe, dass sehr differente Bildungen identificirt werden, so lange man es für gerechtfertigt hält, von Knochengewebe zu sprechen, wenn sternförmige anastomosirende Hohlräume, welche Zellen enthalten, in einer scheinbar homogenen, harten, an Erdsalzen reichen Grundsubstanz nachgewiesen sind. Sind diese Reflexionen richtig, so liegt es auf der Hand, dass die Behauptung, Knochengewebe

könne auf sehr verschiedene Weise entstehen, einer hinreichenden Begründung entbehrt, so lange nicht durch genaue Analyse des fertigen Gewebes die Identität der fraglichen Bildungsproducte festgestellt ist.

Eine weitere wichtige, möglicher Weise durch Studien am fertigen Knochen zu lösende Frage ist die, ob derselbe das Resultat einer continuirlichen Entwickelung oder einer wechselnden Anbildung und Zerstörung ist. Hat das Knochengewebe eine bestimmte Structur, so muss die eine oder andere Bildungsweise sich noch am fertigen Knochen erkennen lassen; ist die Structur überall continuirlich dieselbe, so spricht dies für den ersten Bildungsmodus, ist sie da und dort plötzlich unterbrochen, so kann das Wie dieser Unterbrechung einen sichern Schluss erlauben, dass Knochengewebe während des Wachsthumes zerstört wurde.

Es sind also vorzüglich Gesichtspunkte, die sich auf die Entstehung und das Wachsthum des Knochengewebes beziehen, welche den Anstoss zu diesen Untersuchungen gaben; weniger das unmittelbare Interesse an einer genauen Kenntniss der fertigen Knochensubstanz, welches erst in den Vordergrund trat, nachdem einmal die ersten Schwierigkeiten überwunden waren, welche alle Untersuchungen in hohem Masse bieten, deren Objecte zum Theile an der Grenze mikroskopischer Sichtbarkeit stehen.

Meine Erwartung in der vielfach als homogen erklärten Knochensubstanz, eine deutlich nachweisbare Structur aufzufinden, wurde nicht getäuscht, und ich hoffe, dass die in den folgenden Blättern niedergelegten Erfahrungen Jedem, der sich in Zukunft mit histologischen Studien über das Knochengewebe zu beschäftigen gedenkt, eine willkommene Gabe sein werden.

Freilich kann ich mir nicht verhehlen, dass in vieler Beziehung meine Resultate weit von jenem Abschlusse entfernt sind, den ich ursprünglich zu erreichen hoffte, und ich muss den Leser bitten, wenn er da und dort auf Punkte stösst, die flüchtiger, als es ihre Wichtigkeit verdient, berührt sind, dies mit Rücksicht auf den Umfang der zu lösenden Aufgabe zu entschuldigen.

II. Von den Fibrillen des Knochengewebes.

Als Ausgangspunkt für die vorliegenden Untersuchungen dienten mir die Resultate, welche ich durch Studien über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte[1] gewonnen hatte. Es ergab sich, dass die Polarisationserscheinungen, welche das Knochengewebe zeigt, ganz befriedigend zu erklären sind, wenn man annimmt, dass die Grundsubstanz positiv einaxig sei und dass die Richtung der optischen Axe mit dem Längsdurchmesser der Knochenkörperchen zusammenfalle. Die Polarisationsbilder, welche Schliffe complicirter gebauter Knochen zeigen, fallen oft sehr bunt aus, weil eben die Orientirung der Knochenkörperchen innerhalb kurzer Strecken wechselnd, in einem und demselben Schliffe sehr mannigfaltig sein kann.

Es handelte sich nun darum, ob die optische Differenz, welche die Knochensubstanz je nach der Orientirung der Knochenkörperchen im polarisirten Lichte zeigt, auch in gewöhnlichem Lichte ihren Ausdruck durch Structurverschiedenheiten findet, oder ob in der That, wie dies gewöhnlich angenommen wird, abgesehen von der lamellösen Schichtung die Knochensubstanz vollständig gleichmässig homogen erscheint, gleichgültig, ob die Knochenkörperchen im Querschnitte, im Profile oder in der Flächenansicht zu sehen sind.

Nimmt man einen dünnen, sorgfältig polirten Querschliff eines frischen oder mazerirten Röhrenknochens und bringt denselben in einem Tropfen Wasser unter das Deckglas, so findet man ohne Mühe zahlreiche Stellen, welche beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols unter allen Azimuthen dunkel erscheinen, an welchen also die Knochenkörperchen sämmtlich senkrecht zu ihrer Längsrichtung durchschnitten sind. Betrachtet man eine solche Stelle aufmerksam mit einer starken Vergrösserung, etwa Immersion IX von Hartnack, so überzeugt man sich ohne Mühe, dass die Knochensubstanz deutlich punktirt erscheint.

---

[1] Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte. Sitzb. der k. Akademie der Wissensch. in Wien. LXX. Bd. Juliheft. Jahrg. 1874.

Die Punkte sind sehr klein und dicht gedrängt, so dass auf die Länge von 0.01 Millimeter etwa 8—14 derselben zu zählen sind. Da sie bei Veränderung der Einstellung des Mikroskopes heller oder dunkler werden und sich gegen einander zu verschieben scheinen, so bekommt man den Eindruck, als hätte man es mit lauter kleinen Körnchen zu thun. Es ist aber klar, dass bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse von den Eigenthümlichkeiten des mikroskopischen Sehens aus dem blossen Anblicke einer derartigen Zeichnung nicht entschieden werden kann, ob dieselbe von Körnern, von querdurchschnittenen Fasern oder einfach von einem regelmässigen Wechsel des Lichtbrechungsquotienten in einer durchaus continuirlichen, aber abwechselnd dichteren und weniger dichten Substanz bedingt sei. Die Möglichkeit, dass die Zeichnung von Erhöhungen oder Vertiefungen herrühre, ist durch die Art der Präparation ausgeschlossen. Die Zeichnung wäre nur mit sehr grosser Mühe einigermassen genau durch Bleistift wieder zu geben. Fig. 1 und 4, Taf. I, Fig. 11, Taf. II, sollen dieselbe beiläufig darstellen. Die Punktirung ist, wie man am besten aus den eben citirten Abbildungen entnehmen kann, durchaus nicht von den Knochenkörperchen und ihren Ausläufern bedingt; an eine Verwechslung mit an Querschliffen überhaupt seltenen Durchschnitten von Knochencanälchen ist wegen des kaum messbaren Durchmessers und der dichten Stellung der Punkte nicht im Entferntesten zu denken. Die hier geschilderte Zeichnung ist bereits von Tomes[1] und von Kölliker[2] gesehen und beschrieben worden und als von Körnchen herrührend gedeutet worden. Dass diese Deutung eine irrthümliche ist, soll später nachgewiesen werden; das Factum aber, dass an Knochenschliffen unter den angegebenen Umständen eine Punktirung zu sehen ist, lässt sich mit grosser Leichtigkeit constatiren, und hat man die Punktirung einmal mit Immersion IX gesehen, so wird man sie dann auch mit schwä-

---

[1] Todd's Cyclopaedia of Anatomy and Physiologie (Artikel Osseous Tissue). Vol. III. p. 847.

[2] Mikroskopische Anatomie II. Bd. p. 286 und 287. Vergleiche auch Fig. 85. Ferner Handbuch der Gewebelehre. V. Auflage 1867. p. 79 und 185 sowie die identischen Abbildungen Fig. 37 und Fig. 134.

cheren Vergrösserungen (z. B. Hartnack. VII) ohne Mühe wiedererkennen.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung von Längsschliffen der Röhrenknochen und suchen zunächst eine Stelle auf, an welcher Knochenkörperchen im reinen Längsprofile zu sehen sind. Eine solche Stelle zeigt zwischen gekreuzten Nicols exquisite Doppeltbrechung und erscheint im Maximum hell, wenn die Längsaxen der Knochenkörperchen unter ± 45 orientirt sind.

Betrachten wir dieselbe wiederum zunächst mit Immersion IX in gewöhnlichem Lichte, so zeigt sich nun ein Bild, das von dem früher beschriebenen gänzlich verschieden ist. Statt der Punkte sehen wir nun ein System dicht gedrängter, je nach der Einstellung dunklerer oder hellerer Linien, welche parallel der Längsaxe der Knochenkörperchen gerichtet sind, die Knochencanälchen aber senkrecht durchkreuzen und der Grundsubstanz ein starrfaseriges Ansehen geben (Fig. 2, Taf. I). Die Linien sind in der Regel nicht auf weite Strecken zu verfolgen, man erhält viel mehr den Eindruck als durchkreuzten sich kürzere und längere Striche unter sehr spitzem Winkel. Die Linien stehen ebenso dicht, wie die Punkte in dem früher beschriebenen Bilde. Auch dieses Bild ist in einer Zeichnung schwer darzustellen, und Fig. 2 vermag wiederum nur eine beiläufige Vorstellung zu geben. Bei genauerem Zusehen scheint es, als ob die kurzen Striche daher rühren, dass sehr feine Fasern durch den Schliff schräg abgeschnitten sind.

Betrachten wir endlich noch eine Stelle des Schliffes, an welcher die Knochenkörperchen der Fläche nach getroffen sind, so dass die langen und mittleren Durchmesser derselben in die Schliffebene fallen, während die Knochencanälchen fast alle schräg und quer durchschnitten sind. Solche Stellen, welche dieselben Polarisationserscheinungen zeigen, wie die eben besprochenen Längsschliffe mit Profilansichten der Knochenkörperchen, lassen auch ein ganz ähnliches mikroskopisches Bild wie diese erkennen (Fig. 3, Taf. I), nur sind die Streifen oft stärker gegen einander geneigt und scheinen sich in der That an manchen Stellen zu durchkreuzen. Die Streifung an solchen Flächenansichten ist nur an äusserst dünnen Schliffen deutlich zu sehen; sind die Schliffe etwas dicker, so machen die vielen

quer und schräg durchschnittenen Knochencanälchen in sehr störender Weise sich geltend. Dass auch bei diesen eben beschriebenen Structurzeichnungen, wie sie sich an Schliffen mit Profil- oder Flächenansichten der Knochenkörperchen darstellen, das mikroskopische Bild, welches die Grundsubstanz zeigt, nicht von den Knochencanälchen bedingt sein kann, bedarf wohl keiner besonderen Auseinandersetzung. Ein Blick auf Fig. 2 und 3 genügt, um eine solche Vorstellung als unhaltbar zu erweisen.

Es frägt sich nun, wie die beschriebenen Structurzeichnungen zu erklären sind, welche reelle, in der Natur des Objectes begründete Bedeutung ihnen zukommt.

Wir müssen bei der Erklärung von der Thatsache ausgehen, dass die Knochensubstanz streifig oder punktirt erscheint, je nachdem sie parallel oder senkrecht zur Längsrichtung der Knochenkörperchen durchschliffen ist. Streifung und Punktirung gehören also zusammen wie Aufriss und Grundriss; Stellen, die streifig erscheinen, werden eine Punktirung zeigen, wenn sie senkrecht zur Streifung durchschnitten werden. Dass Streifung und Punktirung zusammen gehören, geht unzweifelhaft aus der Thatsache hervor, dass diese Structurzeichnungen in der früher angegebenen Weise mit bestimmten Orientirungen der Knochenkörperchen in der Schliffebene und den diesen Orientirungen entsprechenden Polarisationserscheinungen zusammenfallen. Am unmittelbarsten wird aber der Zusammenhang zwischen Streifung und Punktirung bei der Untersuchung von Knochen klar, die einen so einfachen Bau haben, dass man denselben sehr leicht übersehen kann. Solche Knochen kenne ich allerdings vom Menschen nicht, dagegen sind beispielsweise der Oberschenkel des Frosches und die dünnen Metacarpi und Phalangen der Fledermäuse zur Klarstellung des fraglichen Verhältnisses ausgezeichnet geeignet. In diesen Objecten sind die Knochenkörperchen, eine schmale Zone um die Markhöhle herum ausgenommen, sämmtlich mit ihren langen Durchmessern der Knochenaxe parallel gestellt, so dass ein Querschliff unter dem Polarisationsmikroskope, die innerste Ringzone ausgenommen, fast neutral reagirt, während der Längsschliff sich exquisit positiv doppeltbrechend verhält. An diesen einfachen Objecten sieht

man nun den Querschliff stets punktirt, den Längsschliff aber streifig, so dass also die Zusammengehörigkeit der Bilder in dem behaupteten Sinne unmittelbar einleuchtet. An den complicirten Röhrenknochen des Menschen sieht man allerdings auch die Punktirung vorzüglich am Querschliffe, die Streifung dagegen vorwiegend am Längsschliffe, doch sind entsprechend der mannigfaltigen Orientirung der Knochenkörperchen punktirte und gestreifte Stellen sowohl am Quer- als am Längsschliffe zu beobachten, und die Gewissheit, dass die Punktirung das zur Streifung gehörige Querschnittbild ist, kann man hier nur bei genauerem Studium der Lage der Knochenkörperchen und der Polarisationserscheinungen erlangen.

Nachdem nunmehr festgestellt ist, dass dieselbe Knochensubstanz bald punktirt, bald streifig erscheint, je nachdem sie parallel oder senkrecht zum Längsdurchmesser der Knochenkörperchen durchschliffen ist, so ist damit selbstverständlich die von Tomes und von Kölliker ausgesprochene Meinung, die Punktirung rühre von Körnchen her, vollständig widerlegt. Es kann sich jetzt nur noch darum handeln, ob die Streifung und Punktirung von eigenthümlichen, chemisch von der umgebenden Substanz verschiedenen Fasern herrühre, oder ob Stellen grösserer und geringerer Dichtigkeit bedingt durch verschiedenen Gehalt an Imbibitionsflüssigkeit das faserige Ansehen bedingen; ob mit anderen Worten die Streifung und Punktirung nicht durch eine ähnliche Annahme, wie sie Nägeli[1] für die Schichtung und Streifung der pflanzlichen Zellhäute gemacht hat, erklärt werden könnte. Ich habe dieser letzteren Möglichkeit die eingehendste Aufmerksamkeit zugewendet, habe jedoch die Unzulässigkeit einer solchen Erklärung eingesehen. Zunächst kann von Blätterdurchgängen in dem Sinne, wie sie Nägeli für die Pflanzenzellmembranen annimmt, desshalb keine Rede sein, weil an der Knochensubstanz nur in zwei auf einander senkrechten

[1] Nägeli, Botanische Mittheilungen. München 1866. II. Bd. p. 1. (Separatabdruck aus d. Sitzungsb. d. k. b. Akad. d. W. in München 1864). Ferner: Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. p. 197; Sachs, Handb. der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865, p. 424.

Richtungen Streifen zu sehen sind, während in der dritten, auf den beiden früheren Richtungen senkrechten Stellung nur eine deutliche Punktirung, von Streifen aber gar nichts zu sehen ist. Man könnte vielleicht die Punkte als Areolen grösster Dichtigkeit ansehen; dann müssten aber immer noch ausser den Punkten auch Streifen zu sehen sein. Allein davon ist selbst mit den stärksten Vergrösserungen nichts zu bemerken. Es handelt sich also jedenfalls um faserartige Bildungen; es frägt sich aber, ob dieselben wirklich von der umgebenden Substanz chemisch verschieden sind, oder aber nur als Linien grösserer Dichtigkeit in einer sonst gleichmässigen Substanz aufzufassen sind. Diese Frage lässt sich an den bisher besprochenen Präparaten nicht mit voller Sicherheit entscheiden, doch spricht die Thatsache, dass man an Schliffen, welche durch Erwärmen über einer Flamme vollständig ausgetrocknet sind, die fragliche Structurzeichnung noch immer sieht, gegen die Ansicht, welche einen räumlich wechselnden Wassergehalt der Knochensubstanz zur Erklärung der Structur herbeiziehen wollte. Wir kommen so durch Ausschliessen anderer Möglichkeiten zu der Annahme, dass die Knochengrundsubstanz aus Fasern bestehe, welche durch eine von ihnen differente Kittmasse zusammengehalten werden.

Die Thatsache, dass die Fasern in ihrem Ansehen den Bindegewebsfibrillen nicht unähnlich sind; in ihrem Verhalten gegen das polarisirte Licht gleich diesen, so weit dies zu ermitteln möglich ist, sich als positiv einaxig erweisen, wobei die optische Axe in der Längsrichtung der Fäden liegt; zusammengehalten mit dem Umstande, dass aus dem Knochen sich ein Körper ausziehen lässt, der mit dem aus fibrillärem Bindegewebe gewonnenen Leime identisch ist, ferner mit einer Reihe von osteogenetischen Erfahrungen, welche auf die innige Beziehung zwischen Knochen und fibrillärem Bindegewebe hinweisen: brachte mich auf die Vermuthung, dass die an Knochenschliffen sichtbaren Fibrillen mit den Bindegewebsfibrillen nahe verwandt, ja vielleicht mit ihnen identisch sein könnten. Mein Streben ging nun dahin, die Fasern zu isoliren in einer analogen Weise wie dies Rollett[1] an den Bindegewebsfibrillen der Sehnen

---

[1] Sitzungsber. der Akad. der Wissenschaften in Wien. Bd. XXX.

und der Haut ausgeführt hatte, nämlich durch Lösung der die Fibrillen zusammenhaltenden Kittsubstanz. Eine Hauptschwierigkeit lag darin, dass die Anwendung von Säuren zur Entfernung der Kalksalze kaum zu umgehen ist, während andererseits offenbar die Säuren, wenn die Vermuthung richtig ist, zur Quellung und schliesslichen Zerstörung der Knochenfibrillen führen mussten. Eine Thatsache jedoch schien mir eine Möglichkeit zu bieten, diesem Dilemma zu entrinnen, nämlich die Thatsache, dass stärkere Salzlösungen das Quellen der Bindegewebsfibrillen in Säuren nahezu verhindern. Ich wendete daher zur Entkalkung der Knochen, um die fibrilläre Structur zu erhalten, eine 10- bis 15procentige Kochsalzlösung an, die etwa 1 bis 3 Procente Salzsäure enthielt. Schon der erste Versuch war von Erfolg gekrönt, und das makroskopische Ansehen des Knochens überzeugte mich von der wesentlichen Bedeutung, welche die Anwesenheit der starken Salzlösung hatte. Ich wendete zunächst, um vor Täuschungen und Verwechslungen mit echtem Bindegewebe möglichst sicher zu sein, nur mazerirte, weiss gebleichte Knochen an, wie ich sie aus der Anatomie erhalten hatte. Nachdem die Knochen bereits vollständig biegsam geworden waren, hatten sie noch nahezu dasselbe weisse Ansehen, dieselbe Undurchsichtigkeit, wie vor der Entkalkung. Erst wenn ich die Salzlösung durch Auswaschen entfernte, fingen die Knochen an, an den Rändern durchscheinend zu werden, um endlich das bekannte Ansehen des sogenannten Knochenknorpels anzunehmen. Durch neuerliches Einbringen in die Salzlösung stellte sich alsbald wieder das weisse, undurchsichtige Ansehen her. Diese Erscheinungen finden ihre vollständige Analogie im Aufquellen und Schrumpfen einer Sehne unter ähnlichen Verhältnissen.

Es handelte sich nun zunächst darum, ein neutrales Präparat zu erhalten. Es gelingt dies durch einfaches Auswaschen nicht; ebenso wenig, als an einer mit Säure behandelten Sehne. Um nicht gequollenen, undurchsichtigen Knochen neutral zu erhalten, verfahre ich gewöhnlich folgendermassen: Eine der Grösse des Knochens entsprechende Quantität kalt gesättigter Kochsalzlösung wird beiläufig mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und dann im Laufe einiger Tage successive so viel Salzsäure zugesetzt, bis der Knochen vollständig biegsam geworden ist.

Der entkalkte Knochen wird dann einige Stunden in fliessendem Brunnenwasser ausgewaschen, wodurch zunächst die überschüssige in der Flüssigkeit befindliche Säure entfernt wird, während gleichzeitig der entkalkte Knochen das Ansehen von sogenanntem Knochenknorpel annimmt. Hierauf wird der Knochen in zur Hälfte verdünnte kalt gesättigte Kochsalzlösung gebracht. Die Salzlösung nimmt bald saure Reaction an, die durch Zusatz von sehr verdünnter Ammoniakflüssigkeit neutralisirt wird. Man lässt nun den Knochen durch längere Zeit, welche nach der Grösse des Objectes verschieden ist (einen Tag bis eine Woche und mehr), in der Salzlösung, indem man täglich die Reaction der gut umgeschüttelten Flüssigkeit prüft und so lange es nöthig ist neuerdings mit Ammoniak neutralisirt.

Grössere Knochen sind nur mit Mühe nach langer Zeit endlich neutral zu erhalten, während kleinere Knochenstückchen nach einigen Tagen bereits so weit von der Säure befreit werden können, dass sie, nunmehr in Wasser gebracht, nicht mehr das durchscheinende Ansehen des Knochenknorpels erhalten, sondern fast so weiss und undurchsichtig bleiben, wie unentkalkter Knochen. Man kann jedoch zur mikroskopischen Untersuchung ausser zu mikro-chemischen Reactionen auch entkalkte Knochen benützen, die nicht ganz neutral sind, wenn man 10procentige Kochsalzlösung als Zusatzflüssigkeit benutzt.

Betrachtet man zunächst mikroskopische Durchschnitte, so erkennt man dieselbe Structur, nur noch um vieles deutlicher und schärfer wieder, wie an den Schliffen. Dünne Querschnitte, senkrecht zur Längsrichtung der Knochenkörperchen, zeigen eine exquisite Punktirung, während an Längsschnitten ein sehr deutlich faserig-streifiges Ansehen zu bemerken ist. Die Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern sind an so behandelten Knochen fast eben so gut zu sehen, wie an Schliffen, welche in Wasser untersucht werden. Die Polarisationserscheinungen haben sich durch die Entkalkung nicht geändert. Macht man nun den Versuch, die Fasern zu isoliren, so gelingt auch dieses; allerdings aber nicht so, wie bei den Bindegewebsfibrillen, welche auf lange Strecken isolirt werden können. Es gelingt immer nur kurze Faserstücke, diese aber oft ganz deutlich, zu sehen. Der Grund, warum lange Fasern nicht isolirt werden

können, scheint grossen Theils in ihrer eigenthümlichen, innigen Durchflechtung, theilweise aber auch in der Natur der Kittsubstanz zu liegen, welche nach der Entfernung der unorganischen Knochentheile durch säurehaltige Salzlösung immer noch einen festen Zusammenhalt herstellt.

Um isolirte Knochenfibrillen zu erhalten, verfährt man am einfachsten so, dass man über eine frische Schnittfläche, welche man an einem in der angegebenen Weise entkalkten Röhrenknochen parallel der Oberfläche angebracht hat, mit einem bauchigen Skalpelle schabend hinwegfährt, die abgeschabte Masse in einem Tropfen Wasser auf dem Objectträger mit Nadeln vertheilt und nun mit dem Deckglase bedeckt unter das Mikroskop bringt.

Man wird nun mit Hartnack Syst. VII leicht abgeschabte Fetzen finden, welche Bilder zeigen, wie sie in Fig. 5, 6, 9 und 10, Taf. I. dargestellt sind: Faserzüge, welche in verschiedenen Richtungen sich durchkreuzen und an den frei flottirenden Rissrändern in Büschel von feinen Fäserchen sich auflösen. Die Fäserchen sind in sehr dichte Bündel angeordnet, welche vielfach untereinander anastomosiren, indem sie Fäserchen gegen einander austauschen. Wir werden auf die Anordnung dieser Faserbündel noch später bei der Besprechung der Knochenlamellen ausführlicher zurückkommen müssen; für jetzt interessiren uns zunächst die sie zusammensetzenden Fäserchen allein. Dieselben erscheinen an den aufgefaserten Rissenden an solchen durch Schaben gewonnenen Präparaten ganz glatt, ohne Äste und von so grosser Feinheit, dass sie noch mit Hartnack, Immersion XI, wie einfache Striche erscheinen (vergl. Fig. 7 und 8). Die Knochenfibrillen lassen sich also den Corneafibrillen und den Bindegewebsfibrillen feinster Art an die Seite stellen. Behandelt man solche Präparate mit Essigsäure, so kann man deutlich das Aufquellen und Verschwinden der Fibrillen verfolgen, durch Alkalien das ursprüngliche Bild wieder herstellen und durch überschüssiges Alkali ein abermaliges Aufquellen hervorrufen, kurz ganz dieselben Erscheinungen sehen, wie sie die Bindegewebsfibrillen bei gleicher Behandlung zeigen. Bei der Einwirkung von kochendem Wasser tritt an den leimgebenden Fasern des Knochengewebes, ganz ähnlich wie dies Rollett

für die Sehnen nachwies,[1] eine plötzliche Verdickung und Verkürzung ohne wesentliche Wasseraufnahme ein. Dieses „Zusammenschnellen" lässt sich im Grossen nur an Knochen gut demonstriren, welche eine fast ausschliesslich der Längsaxe des Knochens parallele Faserung besitzen, wie beispielsweise der Oberschenkel des Frosches; die Röhrenknochen des Menschen zeigen das Phänomen weniger schön, weil die Faserrichtungen sehr complicirt sind und beim Zusammenschnellen ganz entgegengesetzte Zugwirkungen auftreten, die sich theilweise aufheben. Doch ist auch hier eine Verkürzung in der Längs- und eine Verdickung in der Querrichtung deutlich zu constatiren. Nimmt man zu diesen Erfahrungen noch hinzu, dass man aus entkalkten Knochen Bindegewebsleim gewinnt, so wird es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Knochenfibrille ein mit der Bindegewebsfibrille identisches Formelement darstellt und dass die Verschiedenheit von Knochen und Bindegewebe nur durch die Art und Weise, wie die Fibrillen unter einander verbunden werden, begründet sind. Ist diese Vermuthung richtig, dann darf natürlich die Knochenfibrille ebenso wenig als die Bindegewebsfibrille Knochenerde enthalten, und es müssen sich die Räume, in welchen die Knochenfibrillen eingelagert sind, nach Zerstörung der leimgebenden Substanz als lufterfüllte Röhrchen in der trockenen Knochensubstanz nachweisen lassen. Diese Voraussetzung hat sich in der That bestätigt. Verascht man auf dem Platinbleche möglichst dünne, polirte Knochenschliffe, welche trocken untersucht sehr durchsichtig erscheinen, so fällt zunächst auf, dass dieselben, nachdem alle organische Substanz verbrannt ist, so weiss und undurchsichtig werden, wie es unveraschte Schliffe nur bei viel bedeutenderer Dicke sind. Dieses makroskopische Verhalten der Schliffe lässt schon schliessen, dass durch das Verbrennen der organischen Substanz eine grosse Zahl kleiner das Licht stark reflectirender und zerstreuender Räume entstanden sein müssen. Bringt man nun einen solchen veraschten Schliff trocken unter das Mikroskop und betrachtet ihn bei durchfallendem Lichte mit Immersion IX, so erscheint er, falls er auch vor dem Verbrennen das System der Knochenkör-

[1] l. c.

perchen mit ihren Canälchen und die dazwischen liegenden Inseln durchsichtiger Knochensubstanz überall auf das Klarste zeigte, nun im grössten Theile seiner Ausdehnung völlig schwarz und undurchsichtig. Nur an den allerdünnsten Stellen, die nicht dicker sind, als etwa die Distanz zweier Knochencanälchen beträgt, kann man noch die Knochencanälchen und Knochenkörperchen unterscheiden; in der zwischenliegenden Knochensubstanz aber sieht man jetzt dicht gedrängte lufterfüllte Röhrchen, welche in ihrer Form und Anordnung den am unveraschten Schliffe sichtbaren Fibrillen vollständig entsprechen. Hat man einen Querschliff vor sich, an dem vorher die Fibrillen ein körniges Ansehen bewirkten, so sieht man jetzt tief schwarze Punkte, die manchmal beim Tieferstellen des Fokus deutlich heller werden; hat man einen Längsschliff, der früher streifig erschien, so zeigen sich jetzt tief schwarze längere und kürzere Linien, die ebenfalls beim Abwärtsbewegen der Schraube hell werden. Um vieles klarer wird das Bild noch, wenn man den veraschten Schliff nach einer von Krukenberg[1] beschriebenen Methode in harten Canadabalsam einschliesst, wobei der Eintritt des Harzes in die lufterfüllten Räume grossen Theils vermieden wird, während die unregelmässigen Reflexionen und Brechungen, welche die Unebenheiten der Schliffflächen bedingen, fast vollständig eliminirt werden. Fig. 13 und 14 sind nach so behandelten Präparaten gezeichnet, und man sieht an denselben neben einander Stellen, an welchen die durch die Zerstörung der Fibrillen entstandenen Röhrchen mit Luft erfüllt sind, neben Stellen, an welchen der Canadabalsam dieselben erfüllt hat. Die Infiltration der veraschten Schliffe mit flüssigem Canadabalsam oder Dammarlack gibt übrigens erst die Controlle, dass man es in der That nach dem Veraschen eines Schliffes mit einem an Stelle der Knochenfibrillen entstandenen lufterfüllten Röhrensysteme zu thun hat. An einem solchen mit Harz infiltrirten Schliffe stellt sich nämlich wieder ein ganz ähnliches Ansehen her, wie es der Schliff vor dem Verbrennen hatte, so dass ein mit dem Gegenstande nicht ganz genau vertrauter Beobachter ihn fast mit einem gleich behandelten unveraschten Schliffe ver-

[1] Müller's Archiv 1849, p. 420.

wechseln könnte, wenn nicht zahlreiche Bruch- und Rissstellen vorhanden wären, die bei der enormen Brüchigkeit des Objectes kaum zu vermeiden sind. Die Form und Grösse der Knochenhöhlen und ihrer Ausläufer, die später zu besprechenden Lamellen etc. sind ganz wie am unveränderten Schliffe zu sehen; die Punktirung und Streifung der Grundsubstanz ist aber jetzt viel deutlicher, namentlich die Streifung. Die Lichtbrechungsquotienten der Knochenerde und derFibrillen sind eben weniger verschieden als jene der Knochenerde und des Dammarlacks oder des Canadabalsams und dies ist auch offenbar der Hauptgrund, dass ein mit Harz infiltrirter veraschter Schliff weniger durchsichtig erscheint, als ein unveraschter.

Ganz ähnliche Erfahrungen, wie an verbrannten Schliffen, kann man auch an Schliffen machen, welche entweder kurze Zeit in Alkalien gekocht oder durch einige Stunden mit Wasser bei 120° digerirt oder endlich mehre Tage in Wasser gekocht wurden. Durch alle diese Proceduren wird die leimgebende Substanz aufgelöst, und man muss daher ähnliche Bilder bekommen, wie durch das Calciniren, wenn wirklich die Knochenfibrillen keine Erdsalze enthalten. In der That sieht man auch an den ausgekochten Schliffen, wenn sie trocken untersucht werden, ein dichtes, lufterfülltes Röhrensystem, das dieselben fast ebenso undurchsichtig macht, wie verbrannte Schliffe, doch sind die lufterfüllten Röhrchen feiner als an letzteren, und es ist demgemäss möglich, dass die an verbrannten Schliffen sichtbaren Röhrchen nur theilweise von den leimgebenden Fibrillen, ausserdem aber noch von einer nicht verkalkten Kittsubstanz erfüllt waren, die durch Kochen in Wasser und verdünnten Alkalien nicht gelöst wird. Es ist aber auch möglich, dass es sich an verbrannten und an ausgekochten Schliffen nur um die Zerstörung der leimgebenden Fibrillen handelt und dass die Röhrchen an verbrannten Schliffen nur desshalb weiter erscheinen, weil sie durch das Glühen ausgedehnt wurden. Es ist nämlich nicht zu bezweifeln, dass durch das Glühen auch die Erdsalze theilweise zersetzt werden; und dass für diesen Vorgang die den Fibrillen angrenzenden Theile der Kittsubstanz die günstigsten Bedingungen bieten, ist sehr wahrscheinlich. Dass die Röhrchen in dem einen und dem anderen Falle verschieden weit sind, konnte

übrigens nicht durch Messungen festgestellt, sondern nur aus dem Eindrucke, den die Präparate beim Vergleiche im Ganzen machten, erschlossen werden.

Sehr interessant sind die Polarisationserscheinungen, welche veraschte und ausgekochte Schliffe in gleicher Weise zeigen und welche beweisen, dass die normalen Polarisationserscheinungen an unveränderten Schliffen wesentlich von den leimgebenden Fibrillen abhängen.

Schon Valentin[1] macht die sonderbare Angabe, dass verbrannte Knochenschliffe bald positiv bald negativ wirken. Dies ist vollständig richtig, nur muss noch beigefügt werden: je nachdem der Schliff in dieser oder jener Flüssigkeit untersucht wird.

Bringt man einen verbrannten oder ausgekochten Schliff in Wasser oder Alkohol zwischen die gekreuzten Nikols über die Gypsplatte Roth I. O., so bemerkt man, dass die positive Doppeltbrechung auffallend stärker ist, als vor der Zerstörung der Fibrillen. So zeigte z. B. ein Knochenlängsschliff, vor dem Auskochen mit den langen Durchmessern der Knochenkörperchen dem Hauptschnitte der Gypsplatte parallel orientirt, Blau II. O., an den dicksten Stellen Gelb II. O. Nach dem Auskochen dagegen an den meisten Stellen Gelb II. O., an den dicksten sogar Roth II. O. bis Grün III. O.

Bringt man aber einen solchen Schliff in Nelkenöl, so sinken binnen kurzer Zeit die Farben bis auf 0, ja es erscheinen sogar jetzt wirklich Farben in negativem Sinne, indem dieselben Stellen, die vorher steigende Interferenzfarben zeigten, sinkende Farben, und umgekehrt, wahrnehmen lassen. Diese Farbenwandlung geht binnen kurzer Zeit (20—30 Minuten) vor sich, und man kann unter dem Mikroskope ein und dieselbe Stelle, beispielsweise von Grün II. O. auf Gelb I. O. sinken sehen. Dass diese Veränderung der Doppeltbrechung nicht auf einer zerstörenden, die Moleculáranordnung des Schliffes bleibend verändernden Wirkung des Nelkenöles beruht, geht daraus hervor, dass durch Einlegen in Alkohol wieder dieselbe starke

[1] Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte. Leipzig 1861, p. 261.

positive Doppeltbrechung hergestellt werden kann, wie sie vor der Behandlung mit Nelkenöl vorhanden war. Damarlack und Canadabalsam wirken ähnlich wie Nelkenöl, doch wird der Schliff erst nach längerer Zeit negativ, und an mit den genannten Flüssigkeiten behandelten Schliffen kann man in gewissen Zeitpunkten negativ und positiv wirkende Stellen des Knochens neben einander beobachten.

In Glycerin und reinem Terpentinöl sinken die Farben zwar auch sehr stark, doch habe ich ein Negativwerden der Schliffe nie bemerkt. Vergleicht man mit diesen höchst auffälligen und einer besonderen Untersuchung werthen Polarisationserscheinungen, welche Schliffe zeigen, deren leimgebende Substanz aufgelöst ist, das Verhalten, welches gewöhnliche Schliffe darbieten, so steht so viel fest, dass die Polarisationserscheinungen durch das Zerstören der leimgebenden Fibrillen ganz unregelmässig geworden sind. Knochen, an welchen die Fibrillen erhalten sind, zeigen unter allen Umständen deutliche, positive Doppeltbrechung, welche durch gewisse Flüssigkeiten (Nelkenöl, Terpentinöl, Glycerin) kaum merklich geschwächt wird. Sind die Fibrillen zerstört, so zeigt sich der Charakter der Doppeltbrechung geradezu von der Zusatzflüssigkeit abhängig. Dies, im Zusammenhalte mit der Thatsache, dass mit Erhaltung der Structur entkalkte Knochen ganz dieselben Polarisationserscheinungen zeigen, wie Knochenschliffe, lässt mit Sicherheit annehmen, dass es die Knochenfibrillen sind, welche wesentlich die Polarisationserscheinungen an frischen Knochenschliffen bedingen. Da die doppeltbrechenden Eigenschaften der Knochen- und Bindewebsfibrillen völlig übereinstimmen, so ist dies ein weiterer Beweis dafür, dass die Knochenfibrille mit der Bindegewebsfibrille identisch ist.

Es erübrigt noch etwas über die Kittsubstanz zu bemerken, welche die Erdsalze enthält. Die organische Grundlage derselben ist so innig mit den Erdsalzen verbunden, dass, abgesehen von dem grösseren Durchmesser der den verbrannten Fibrillen entsprechenden Röhrchen, das mikroskopische Bild an verbrannten und ausgekochten Schliffen bezüglich der Kittsubstanz dasselbe bleibt, obwohl in dem einen Falle die organische Grundlage derselben zerstört ist, in dem anderen nicht. Behandelt man

einen ausgekochten Schliff unter dem Mikroskope mit sehr verdünnter Salzsäure,' so bleibt die organische Grundlage der Kittsubstanz als ein sehr durchsichtiger Rest zurück. Man sieht in demselben, freilich mit sehr zarten Contouren noch die Knochen körperchen mit ihren Ausläufern, ferner Streifen und Punkte, welche gewissermassen den Matrizen der Knochenfibrillen entsprechen, also noch die ganze Knochenstructur. Dieser Rest quillt, während die Säure die Kalksalze löst, kaum merklich auf und wird nach längerem Liegen in der Säure oder bei Anwendung stärkerer Säure völlig unsichtbar. Von Doppeltbrechung ist an der organischen Grundlage der Kittsubstanz Nichts zu bemerken.

Indem ich die sämmtlichen, in dem vorstehenden Abschnitte niedergelegten Thatsachen überblicke, halte ich mich für berechtigt, folgenden Satz als Resultat auszusprechen: Die Knochengrundsubstanz ist aus leimgebenden, nicht verkalkten Fibrillen zusammengesetzt, welche durch eine Kittsubstanz, die die Knochenerde enthält, zusammen gehalten werden. Mit diesem Satze ist, nebenbei bemerkt, auch die viel ventilirte Frage, ob die Knochenerde mit der leimgebenden Substanz eine constante chemische Verbindung bilde, in negativem Sinne entschieden.

Es wird vielleicht manchem Leser bedenklich erscheinen, dass eine chemische Frage durch mikroskopische Untersuchungen gelöst werden soll; allein ich glaube bestimmt, dass die vorgeführten Thatsachen den aufgestellten Satz vollkommen sicher begründen.

Bevor ich diesen Abschnitt abschliesse, mögen noch einige Notizen folgen, welche die in der Literatur vorliegenden Angaben über faserige Structur des Knochengewebes betreffen.

Henle bemerkt bereits in seiner allgemeinen Anatomie,[1] dass einzelne Knochenlamellen von der Fläche betrachtet faserig wie Faserknorpel erscheinen, während er in der Hauptsache der verbreiteten Ansicht beistimmt, dass die Lamellen homogen seien. Arnold[2] beschreibt Knochen-

---

[1] p. 827.

[2] Handbuch der Anatomie, Bd. I, p. 242.

primitivfasern, doch sind in seiner Darstellung wirkliche Fasern und Knochencanälchen nicht genügend auseinandergehalten. Eine faserige Structur des Knochens wurde dann später, namentlich auf Grund von Erfahrungen über die Entwickelung des Knochengewebes von Sharpey[1] angenommen, es fand jedoch nur die Angabe dieses Autors vom Vorkommen eigenthümlicher bindegewebiger Faserzüge, welche die periostalen Knochenlamellen durchsetzen, allgemeine Anerkennung, während für die Substanz der Knochenlamellen nach wie vor von der Mehrzahl der Histologen eine homogene Beschaffenheit angenommen wird. Es ist dies um so auffallender, als wohl keinem der zahlreichen Forscher, welche sich in neuerer Zeit mit dem Ossificationsprocesse beschäftigt haben, die Thatsache entgangen ist, dass ossificirendes Gewebe eine bald mehr, bald weniger deutliche streifige oder faserige Structur zeigt. Diese Erfahrungen führten aber meistens nur dazu, dass die nahe Verwandtschaft von Knochen und Bindegewebe immer wieder betont wurde und dass für gewisse Knochen und Knochentheile, deren faserige Structur besonders auffällig ist, angenommen wurde, sie seien verknöchertes Bindegewebe. So erklärt Gegenbaur[2] die ersten ossificirenden Balken an den Schädelknochen der Vögel so wie die ausserordentlich entwickelten Sharpey'schen Fasersysteme, welche die Grundlage der Wände der ersten Havers'schen Canäle im Metacarpus des Kalbes bilden, als verknöchertes Bindegewebe, ohne jedoch zur Einsicht zu kommen, dass wesentliches Formelement des Knochengewebes überall leimgebende Fibrillen sind. Lieberkühn[3] behauptete sogar, aller Knochen habe zuerst die Structur des Bindegewebes.

Sehr nachdrücklich betont Waldeyer[4] die weite Verbreitung einer faserigen Structur im jungen Knochengewebe, ja dieser Autor behauptet geradezu, die Grundsubstanz des Knochengewebes sei faserig. Es würde zu weit führen, aus der umfangreichen Literatur über Knochenentwickelung alle auf faserige Knochenstructur sich beziehenden Notizen anzuführen oder die zahlreichen Angaben aus pathologisch-anatomischen Arbeiten zusammenzustellen. Es genügt, im Allgemeinen zu constatiren, dass hieher gehörige Beobachtungen ungemein zahlreich sind.

---

[1] Quains Anatomy. V. Edition, Part. II, p. 142.

[2] Jenaische Zeitschr. f. Med. u. N. Bd. III, Hft. 2 u. 3.

[3] Monatsber. d. k. preuss. Akad. d. W. in Berlin 1861. p. 517.

[4] Centralblatt f. med. W. 1865, p. 113 u. Arch f mikrosk. Anat. Bd. I, p. 354.

III. Von den Lamellen des Knochengewebes.

Seitdem Purkinje und Deutsch[1] die Knochenlamellen an mikroskopischen Durchschnitten entkalkter Knochen entdeckten, sind dieselben von allen folgenden Beobachtern gesehen und oft beschrieben worden. Gleichwohl ist man bis heute über die nackte Thatsache, dass die Knochensubstanz eine lamellöse Schichtung zeigt, nur wenig hinausgekommen und welche Structurverhältnisse diese lamellöse Schichtung bedingen, ist heute noch ebenso unklar, wie zur Zeit als dieselbe das erste Mal durch das Mikroskop nachgewiesen wurde. So wurde es möglich, dass noch im Jahre 1874 Strelzoff[2] die Behauptung wagen konnte, die Knochenlamellen existiren überhaupt nicht und wo man solche zu sehen glaube, handle es sich um ein Trugbild, hervorgerufen durch eine eigenthümliche Anordnung von Saftcanälen. Wenn auch eine solche Auffassung der Knochenlamellen ganz vereinzelt dasteht, so ist sie doch immerhin bezeichnend für den dürftigen Zustand unseres Wissens über eine der auffälligsten Erscheinungen, welche wir mit Hilfe des Mikroskopes am Knochengewebe beobachten können.

Als Ausgangspunkt für die folgende Darstellung sollen zunächst die Knochenlamellen an dünnen, gut polirten Querschliffen von Röhrenknochen des erwachsenen Menschen beschrieben werden, wie sie sich bei der Untersuchung in Wasser darstellen.

An solchen Schliffen sind die Lamellen nicht besonders scharf hervortretend, man hat aber die Garantie, dass man die Untersuchung unter Verhältnissen anstellt, die den im Leben vorhandenen jedenfalls nahe stehen. Wasser darf wohl unbedenklich als eine für die Knochengrundsubstanz indifferente Flüssigkeit angesehen werden.

---

[1] De penitiori ossium structura observationes. Dissertatio, Vratislaviae 1834.

[2] Genetische und topographische Studien des Knochenwachsthumes in Eberth's Untersuchungen aus dem pathol. Institute in Zürich. 2. Hft. 1874, p. 172 u. 173.

Betrachtet man nun die General-, Special- und Grundlamellen bei schwächerer Vergrösserung, so fällt zunächst das je nach der ins Auge gefassten Stelle wechselnde Aussehen der Knochengrundsubstanz auf. Während an einzelnen Punkten eine deutliche Streifung, die nur von Lamellen herrühren kann, leicht zu erkennen ist, fehlt an vielen anderen jede Andeutung von Lamellen und nur die eigenthümliche reihenweise Anordnung der Knochenkörperchen bringt den Eindruck hervor, dass es sich um eine geschichtete Substanz handle. Vergleichen wir die streifigen Stellen unter einander, so fallen Unterschiede in der Deutlichkeit und der Breite der Streifen auf, man bemerkt ferner, dass dieselben nicht überall gleich weit von einander entfernt sind, ja in einzelnen Streifensystemen wechseln die Distanzen der Streifen sehr auffällig, während sie in andern fast genau gleich oder regelmässig abwechselnd bald breiter und bald schmäler sind. Man bemerkt ferner schon bei schwächeren Vergrösserungen, dass dort, wo Streifen zu sehen sind, dieselben abwechselnd glänzender und matter, stärker und schwächer lichtbrechend erscheinen.

Fasst man nun eine Stelle, die deutlich streifig erscheint, ins Auge und untersucht dieselbe mit stärkeren Vergrösserungen, etwa mit Syst. VII, oder noch besser mit Immersion IX von Hartnack, so beobachtet man, dass die glänzenden Streifen, welche an Querschliffen meist schmäler sind als die matten, faserig erscheinen, also von Fibrillen herrühren, welche mehr weniger in der Schliffebene verlaufen, während die meist breiteren matten Streifen punktirt sind. (Vergl. Fig. 4, Taf. I und Fig. 11, Taf. II.)

Es rühren also die Streifen, welche den Durchschnitten von Lamellen entsprechen, davon her, dass die Knochenfibrillen abwechselnd in zu einander senkrechten oder fast senkrechten Richtungen verlaufen. Mit dieser Erklärung stimmt auch die Thatsache überein, dass die Richtung der Knochenkörperchen in den beiden Arten von Streifen eine verschiedene ist (vergl. Fig. 4 und 11), so dass in den punktirten Lamellen die Knochenkörperchen im Querschnitte, in den gestreiften Lamellen im Längsprofile zu sehen sind; doch ist zu bemerken, dass die Knochenkörperchen nicht immer der Mitte einer Lamelle ent-

sprechen, sondern gar nicht selten an der Grenze derselben sich finden. Die streifigen Lamellen erscheinen ausserdem an Querschliffen oft so schmal, dass sie die Dicke eines Knochenkörperchens kaum erreichen; nur selten und dies namentlich um das Lumen der Havers'schen Canäle, finden sich an Querschliffen ziemlich breite Zonen von Knochensubstanz, die stark glänzend und deutlich streifig erscheinen. Dass die gegebene Erklärung der Schichtung die richtige ist, dafür liefert das Polarisationsmikroskop einen wichtigen Beweis. Es erscheinen nämlich nur die glänzenden streifigen Lamellen doppeltbrechend, während die matten, exquisit punktirten Lamellen unter allen Azimuthen zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben. Ein vorzüglicher Polarisationsapparat von Hartnack, der erst seit kurzem im Besitze des hiesigen physiologischen Institutes ist, gestattet mir bei günstiger Beleuchtung die Anwendung von Immersion IX ohne Condensorlinse über dem Analysator und lässt ohne Schwierigkeit die Thatsache, dass nur die streifigen Lamellen doppeltbrechend wirken, mit grösster Sicherheit feststellen (vergl. Fig. 12 und 18 und die dazu gehörigen Bilder in gewöhnlichem Lichte). Die Anwendung des Polarisationsapparates gestattet ferner nunmehr auch in Knochenpartien, welchen in gewöhnlichem Lichte die lamellöse Structur zu fehlen scheint, eine Schichtung zu erkennen, die sich jetzt schon bei ziemlich geringen Vergrösserungen namentlich bei Anwendung der Gypsplatte Roth I. O. bemerkbar macht. Man sieht nun auch in solchen Knochenpartien entweder abwechselnde Streifen von schwach doppeltbrechender und neutral wirkender Knochensubstanz oder aber abwechselnde Streifen von stärker und schwächer doppeltbrechender Substanz. Diese Streifen sind oft ziemlich unregelmässig bald einander nahe, bald ziemlich weit entfernt und von sehr ungleicher Breite; die Streifen sind ferner nicht alle genau parallel und verlieren sich nicht selten unmerklich in gleichmässig punktirte Knochensubstanz. Stellen, die auch mit dem Polarisationsmikroskope jede Spur von Lamellen vermissen lassen, sind verhältnissmässig selten. Untersucht man nun wieder mit Immersion IX, so überzeugt man sich, dass nur diejenigen Stellen des Knochens unter dem Polarisationsmikroskope neutral reagiren, welche ganz gleichmässig punktirt sind, dass

dagegen alle Stellen, welche einen Wechsel von stärker und schwächer doppeltbrechenden Bändern zeigen, auch abwechselnd mehr weniger deutlich streifig erscheinen, kurz es finden sich ausser dem extremen Falle von abwechselnden Schichten längs- und querdurchschnittener Fibrillen alle möglichen Fälle von abwechselnden Bändern mehr oder weniger schief durchschnittener Fibrillen bis zum andern Extreme, wo endlich auf grössere Strecken alle Fibrillen nahezu dieselbe Richtung einschlagen. Es ergibt sich somit, dass die Knochenlamellen, wie sie sich an Schliffen darstellen, eine vom schichtweisen Wechsel der Faserungsrichtung herrührende Erscheinung sind, die um so deutlicher hervortritt, je mehr in aufeinander folgenden Schichten der Knochensubstanz die Fibrillen ihre Richtung ändern. Es ist daher auch nicht möglich, ein mittleres Mass für die Dicke der Lamellen, wie sie sich an Schliffen darstellt, zu geben. Die Dicke schwankt zwischen 3 μ bis 12 μ und mehr. Ausserdem gibt es, wie gesagt, Stellen des Knochens, die einer von Lamellen herrührenden Streifung entbehren. Dort, wo Lamellen exquisit entwickelt sind, beträgt ihre Dicke 3—5 μ und diese Zahlen können als vorherrschend bezeichnet werden.

Die Knochenlamellen sind mithin durchaus nicht als constante, überall sich gleich bleibende Elementartheile des Knochengewebes oder etwa gar als Ausdruck einer der Blätterstructur der Krystalle analogen Beschaffenheit der Knochengrundsubstanz aufzufassen; sie sind vielmehr wesentlich bedingt durch eine schichtweise wechselnde Anordnung der Knochenfibrillen, wobei jedoch die Dicke der Schichten, sowie die Richtung der dieselben zusammensetzenden Fibrillen ausserordentlich grosse Variationen zeigen kann. — Es wäre jedoch zu weit gegangen, wenn man die Knochenlamellen einzig und allein nur von der schichtweise wechselnden Richtung der Knochenfibrillen bedingt sein lassen wollte; wir werden vielmehr noch ein anderes Moment kennen lernen, das bei der Lamellenbildung ebenfalls wesentlich in Frage kommt, weil auch Knochensubstanz, welche aus parallel laufenden Fibrillen zusammengesetzt ist, bei Anwendung gewisser Untersuchungsmethoden geschichtet erscheinen und in Lamellen spaltbar sein kann; ich kann jedoch auf diesen Punkt

erst nach Aufführung der am entkalkten Knochengewebe über die Lamellen ermittelten Thatsachen eingehen und muss daher auf das Folgende verweisen. Zunächst sollen aber noch einige Beobachtungen an Knochenschliffen folgen, die mit den bisher ermittelten Thatsachen ausreichend erklärt werden können.

Bei der Beschreibung der Knochenlamellen, wie sie sich an Schliffen darstellen, wurde oben das Querschnittsbild zu Grunde gelegt; eine ausführliche Beschreibung des Längsschnittes glaube ich unterlassen zu dürfen, da die Eigenthümlichkeiten desselben, was die Lamellen betrifft, nach dem Vorhergehenden so ziemlich selbstverständlich sind. Wie am Querschliffe die punktirten Lamellen, überwiegen am Längsschliffe die streifigen, und während im Allgemeinen am Querschliffe die streifigen Lamellen die schmäleren sind, sind es umgekehrt am Längsschliffe die punktirten u. s. w. Es frägt sich nun aber, woher es kommt, dass sowohl an Längs- als an Querschliffen die streifigen Lamellen glänzender, stärker lichtbrechend sind als die punktirten? Diese Erscheinung ist so auffallend, dass man an Stellen, welche viele parallele, schmale, streifige Lamellen zwischen breiteren punktirten zeigen, den täuschenden Eindruck erhält, als seien parallele erhabene Leisten auf einem matten Grunde aufgesetzt. Die Erscheinung wird noch auffälliger, wenn der Schliff mit Terpentinöl oder Dammarlack infiltrirt wird, am eclatantesten aber, wenn derselbe in alten zähen Canadabalsam gebracht wird, den man durch starkes Erwärmen auf dem Objectträger so flüssig macht, dass er in alle Knochenhöhlen und deren Ausläufer eindringt (Fig. 22, Taf. III). An solchen Präparaten tritt die lamellöse Structur überall dort, wo sie bei der Untersuchung mit Wasser nur mit dem Polarisationsmikroskope erkannt werden konnte, nun auch im gewöhnlichen Lichte sehr deutlich hervor, und wo die Fibrillenrichtung in aufeinander folgenden Lagen zwischen den Extremen wechselt, sieht man jetzt die streifigen Schichten als stark glänzende Bänder auf dem von den punktirten Schichten gegebenen matten Grunde ungemein scharf sich abheben. Zugleich tritt eine an allen mit den genannten Flüssigkeiten infiltrirten Präparaten zu beobachtende, sonderbare Erscheinung auf (vergl. Fig. 22, Taf. III *e* und *f*). Es scheint nämlich, als ob die Knochencanälchen

nur in den punktirten Schichten vorhanden wären, dagegen in den streifigen vollständig fehlen würden. Erst mit stärkeren Vergrösserungen und bei genauerer Einstellung kann man die Knochencanälchen auch durch die streifigen Schichten verfolgen. Dadurch wird bewirkt, dass die punktirten Schichten senkrecht zur Lamellenrichtung gestrichelt sind, während die streifigen Bänder fast vollkommen homogen und glänzend erscheinen. Diese Erscheinungen sind im Allgemeinen bekannt und wurden bereits von Kölliker[1] und Tomes und de Morgan[2] abgebildet; eine befriedigende Erklärung derselben ist aber bisher nicht gegeben worden. Es ist auch in der That unmöglich, ohne Kenntniss der doppeltbrechenden Eigenschaften der Knochensubstanz dieselben zu begreifen und man wird nach Beobachtungen, die ohne Polarisationsmikroskop angestellt wurden, kaum auf den Gedanken verfallen, dass ein und dieselbe Substanz durch wechselnde Orientirung ihrer Formelemente einen Wechsel von stärker und schwächer lichtbrechenden Streifen bedingen kann. Kennt man aber einmal die Thatsache, dass die Knochensubstanz positiv einaxig doppeltbrechend ist und dass die optische Axe mit der Richtung der Fibrillen zusammenfällt, so ist es begreiflich, dass neben einander liegende Streifen quer- und längsdurchschnittener Fibrillen in gewöhnlichem Lichte verschieden lichtbrechend erscheinen können. Während der ordinäre Lichtstrahl nach allen Richtungen des doppeltbrechenden Knochens mit derselben Geschwindigkeit sich fortpflanzt, schreitet der extraordinäre Strahl nach der Richtung der Fibrillen rascher fort als senkrecht gegen dieselbe; mit anderen Worten, die extraordinären Strahlen werden in der letzteren Richtung stärker gebrochen als in der ersteren und es müssen daher auch die gestreiften Lamellen glänzender erscheinen als die punktirten. Dass die Lamellen an mit Harz oder Terpentinöl infiltrirten Schliffen deutlicher werden, erklärt sich einfach daraus, dass im Allgemeinen Unterschiede im Lichtbrechungsvermögen unter dem Mikroskope um so deutlicher sind, je grösser die Durchsichtigkeit des Objectes ist. Nun wird durch die Anfüllung aller der

[1] Mikroskopische Anatomie Bd. II, 1. Hälfte, p. 284, Fig. 84.

[2] Philosophical Transactions of the royal soc. of London for the year 1853, Vol. 143, P. I, p. 112 u. pl. VI, fig. 8.

zahlreichen luftgefüllten Canäle mit einer stark lichtbrechenden Masse die Durchsichtigkeit des Schliffes wesentlich erhöht, während gleichzeitig, wie man sich leicht überzeugen kann, die doppeltbrechenden Eigenschaften des Knochens nicht merklich geändert werden. Dass die Knochencanälchen in den streifigen Lamellen so undeutlich werden, während sie in den punktirten Schichten als radiäre Striche ganz gut zu sehen sind, beruht wohl theilweise darauf, dass die Lichtbrechungsquotienten von Terpentinöl und Dammarlack dem Lichtbrechungsquotienten der streifigen Lamellen viel näher stehen, als jenem der punktirten. Theilweise ist dieses Verhältniss jedoch in der Anordnung der Knochenfibrillen zu Bündeln, zwischen welchen die Knochencanälchen hindurchgehen, begründet; ein Umstand, der später noch zur Sprache kommen soll.

Ich habe oben erwähnt, dass an Schliffen, welche mit hartem, durch Erwärmen flüssig gemachtem Canadabalsam infiltrirt wurden, der Gegensatz in der lichtbrechenden Kraft der streifigen und punktirten Lamellen besonders grell hervortrete. Untersucht man solche Schliffe vor und nach dem Erwärmen mit dem Polarisationsmikroskope, so ergibt sich, dass durch das Erwärmen die positive Doppeltbrechung enorm verstärkt wird, dass mit anderen Worten der Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des ordinären und des extraordinären Strahles eine viel grössere ist als vor dem Erwärmen. So zeigte z. B. ein Längsschliff vor dem Erwärmen an den dicksten Stellen zwischen gekreuzten Nicols ohne Gypsplatte untersucht Gelb I. O. Nach dem Erwärmen stieg die Farbe an derselben Stelle bis zu Grün III. O. Mit der Gypsplatte untersucht, zeigte derselbe Schliff, wenn die Richtung der Knochenkörperchen, respective der Knochenfibrillen mit dem unter $+45°$ orientirten Hauptschnitte der Gypsplatte orientirt war Grün IV. O., unter $-45°$ aber Grün II. O.[1] Ein Querschliff zeigte nach dem Erwärmen an vielen

[1] Dem mit den Polarisationserscheinungen des Knochens weniger vertrauten Leser könnte vielleicht fraglich erscheinen, ob denn in der That Grün IV. O. und Grün II. O. sich unzweifelhaft unterscheiden lassen. Hätte man beide Farben gleichmässig über eine grosse Fläche verbreitet, so wäre die Entscheidung allerdings schwierig, da aber die Farbe nur die dicksten Stellen betrifft, welche gegen die keilförmig sich zuschärfenden Ränder des

Stellen, die vorher neutral erschienen, deutliche Doppelbrechung; andere, die vorher über der Gypsplatte bei +45° Violet und Blau II. O. zeigten, gaben jetzt Gelb und Grün III. O.; rein punktirte Stellen waren aber auch jetzt noch neutral. Es geht schon aus diesen wenigen Versuchen hervor, dass die positive Doppeltbrechung in der auffälligsten Weise durch das Erwärmen verstärkt wird. Dass der Canadabalsam an sich mit dieser Verstärkung der Doppeltbrechung nichts zu thun hat, folgt daraus, dass man dieselbe Erscheinung auch an Schliffen sieht, die trocken, in Wasser oder Terpentinöl erhitzt werden. Der Canadabalsam hat nur den Vortheil, dass durch seine rasch erstarrende Masse die verstärkte Doppeltbrechung dauernd fixirt wird, während sie in Wasser oder Terpentinöl beim Erkalten wieder verschwindet. Diese merkwürdige Verstärkung der Doppeltbrechung durch Erwärmen verdiente wohl ein eingehenderes Studium, um so mehr, als sie, wie ich mich überzeugte, nicht nur am Knochen, sondern auch am Bindegewebe (ich benützte Durchschnitte der Sclerotica des Auges) sich nachweisen lässt. Doch liesse sich diese Erscheinung nur im Zusammenhange mit anderen, die Molecularstructur organisirter Gebilde betreffender Fragen mit Nutzen in Angriff nehmen. Ich habe sie daher für diesmal nicht weiter verfolgt, und nur desshalb hier erwähnt, weil sie, wie ich glaube, eine glänzende Bestätigung für die Richtigkeit meiner oben gegebenen Erklärung der wechselnden lichtbrechenden Kraft der Knochenlamellen ist.

Wir wenden uns nun zu den Erfahrungen, welche man über die Knochenlamellen an mit salzsäurehältiger Kochsalzlösung entkalkten Knochen machen kann. Zunächst ist hervorzuheben, dass an Durchschnitten solcher Knochen die lamellöse Structur viel deutlicher ist als an Schliffen, die man in Wasser oder trocken untersucht. Es hängt dies namentlich von der um vieles deutlicher gewordenen fibrillären Structur ab, wodurch natürlich auch alle durch den verschiedenen Verlauf der Fibrillen bedingten Erscheinungen prägnanter hervortreten müssen. Die Polari-

---

Schliffes continuirlich in dünnere übergehen, an denen die Interferenzfarben bis herab zu jenen I. O. zu sehen sind, so ist bei sorgfältiger Vergleichung der Farbenfolge ein Irrthum leicht zu vermeiden.

sationserscheinungen haben sich durch das Entkalken nicht wesentlich geändert und in dieser Beziehung ist also kein Anlass vorhanden, der eine Änderung des mikroskopischen Bildes bedingen könnte. Dass im sogenannten Knochenknorpel die Knochenlamellen sehr auffällig sind, ist eine bekannte Erfahrung, da jedoch in verdünnter Salzsäure die Knochenfibrillen bis zur Unsichtbarkeit aufquellen, so könnte man denken, dass auch in dem mit Erhaltung der Structur entkalkten Knochen die Fibrillen ohne wesentlichen Einfluss auf die Sichtbarkeit der Lamellen sein müssten; dies ist jedoch gewiss nicht der Fall. Der Grund, warum am gequollenen Knochen die lamellöse Streifung zu sehen ist, liegt vielmehr, abgesehen von der noch erhaltenen Doppeltbrechung, darin, dass durch das Aufquellen die Grenzlinien zwischen den einzelnen Lamellen scharf hervortreten, während die Lamellen selbst alle fast homogen aussehen. In dem mit Erhaltung der Fibrillen entkalkten Knochen machen sich dagegen die Lamellen vorzüglich durch ihre Structurverschiedenheit bemerkbar, während ihre Grenzen bei weitem nicht so scharf erscheinen, wie am gequollenen Knochen. Diese Erscheinungen finden ihre vollständige Analogie in dem Aussehen der Bündelgrenzen an Durchschnitten gequollener und nicht gequollener Bindegewebsmassen, deren Bündel, wie beispielsweise in der Sclerotica des Auges, in sehr wechselnden Richtungen verlaufen.

An mit Erhaltung der fibrillären Structur entkalkten Knochen kann man nun auch Lamellen oder dünne Lamellenschichten theilweise isoliren und an solchen Isolationspräparaten die Erfahrungen controlliren und erweitern, welche man an Schliffen und Schnitten über diese Bildungen gewonnen hat. Man kann mit einer Pincette Lamellen loszureissen suchen, besser und rascher kommt man aber zum Ziele, wenn man über eine tangentiale Schnittfläche mit einem Scalpel schabend hinwegfährt. Die umfassenden periostalen Lamellen eignen sich zur Isolation am besten. Fig. 5, 6, 7, 8, 9 und 10, Taf. I und Fig. 16, Taf. II stellen sämmtlich in dieser Weise gewonnene Präparate dar.

Die Bilder, die man mittelst der angegebenen Methode erhält, sind sehr mannigfaltig, wenn man eben, wie ich es that, die *Substantia compacta* der Röhrenknochen des Menschen zur

Untersuchung benützt. Ausser der Fläche nach isolirte Lamellen findet man auch zahlreiche, verschieden gerichtete, zerrissene Durchschnitte von solchen. Die Flächenansichten von Lamellen charakterisiren sich durch die zahlreichen, meist in ziemlich regelmässigen Abständen gruppirten matten Punkte, welche bei gewisser Einstellung einen röthlichen Schimmer wie Vacuolen zeigen, und die nichts anderes als Querschnitte von Knochencanälchen sind (Fig. 5 *c*, Fig. 6, 9 und 10 *b*). Die Mehrzahl dieser Durchschnitte sind nicht rein kreisrund, sondern mehr weniger elliptisch verzogen, was davon herrührt, dass die Knochencanälchen keinen rein geradlinigen, sondern einen schwach welligen Verlauf haben. Fassen wir zunächst die Rissenden der Lamellen ins Auge, so fällt vor Allem auf, dass die Fibrillen nicht gleichmässig an denselben hervorragen, sondern bündelweise zusammengeordnet sind. Die Bündel sind nur an den Rissenden deutlich isolirt zu sehen, weiter nach einwärts gegen die zusammenhängende Fläche ist es schwer, die einzelnen Bündel zu verfolgen. Die Bündel haben einen Durchmesser von etwa 2—3 μ und sind unter meist sehr spitzen Winkeln gegen einander gerichtet. Eine genaue Messung der Dicke der Bündel ist desshalb schwierig, weil dieselben nur an den Rissenden hinreichend scharf zu sehen, dort aber meist auch schon in Fibrillen zerfasert sind. Untersucht man die Bündel an den Rissenden der Lamellen mit den stärksten Vergrösserungen (Immersion X und XI Hartnack), so erhält man den Eindruck, dass sie, der Fläche der Lamellen entsprechend, unter einander verflochten sind, so dass spitzere oder stumpfere rhombische Maschen entstehen, in welchen häufig die Durchschnitte von Knochencanälchen zu sehen sind (Fig. 7 und 8, Taf. I). Das Flechtwerk scheint dadurch bedingt zu sein, dass die unter spitzen Winkeln gegen einander gerichteten Bündel gegenseitig Fibrillen austauschen. Die Fibrillen selbst erscheinen überall, wo man sie isolirt sehen kann, als glatte ungetheilte Fäden, die, wie schon im vorigen Abschnitte auseinandergesetzt wurde, ganz feinen Bindegewebsfibrillen vollständig gleichen. Die eigenthümliche Verflechtung der Bündel macht es begreiflich, dass die Isolirung von Fibrillen auf längere Strecken nicht gelingt.

Wendet man sich nun zu den zusammenhängenden Lamellen, so kommt man häufig in Zweifel, ob man verflochtene Faserbündel, die in einer Ebene verlaufen, vor sich hat, oder ob übereinanderliegende Bündelzüge scheinbar in einer Ebene liegen. Dort wo man, wie beispielsweise in Fig. 9 und 10, die Faserbündel am Rissrande deutlich nebeneinander verschiedene Richtungen einschlagen sieht, kann kein Zweifel sein, dass die recht- oder schiefwinkelige Kreuzung feiner Streifen von übereinanderliegenden Faserzügen herrührt, wo aber, wie in Fig. 5, die sich spitzwinkelig kreuzenden Streifen bis zu den Rissrändern zu verfolgen sind, scheinen dieselben auch einer Ebene anzugehören. Das Mikroskop lässt hier auch bei starken Vergrösserungen im Stiche und man sieht bei ein und derselben Einstellung in beiden Fällen beide Streifensysteme deutlich. Diese scheinbar unbegreifliche Thatsache beruht vorzüglich darauf, dass die zahlreichen verzogenen Öffnungen der Knochencanälchen die glänzenden Streifen zwischen den Bündeln, endlich die weniger glänzenden Grenzen der Fibrillen an etwas dickeren Stücken einen sehr bunten Wechsel verschieden lichtbrechender Linien hervorrufen. Leider bin ich nicht im Stande gewesen, diese äusserst schwierig darzustellenden Bilder ganz naturgetreu wiederzugeben.

Bilder der ersten Art beweisen, dass der Faserverlauf in aufeinanderfolgenden Lamellen in der That, wie wir dies mehr auf Umwegen an Durchschnitten erschlossen haben, theils unter schiefen, theils unter rechten Winkeln sich kreuzen kann; Bilder der zweiten Art zeigen, dass in ein und derselben Lamelle die Bindegewebsbündel unter mehr weniger spitzen Winkeln sich durchflechten. Dieser Winkel beträgt häufig, wie in Fig. 5 und 7, etwa 30—60°, ist aber in der Regel geringer, so in Fig. 8 und in Fig. 10 an der nach links hervorragenden Lamelle, ebenso in den beiden in Fig. 9 sich rechtwinkelig kreuzenden Lamellen.

Es frägt sich nun noch, wie denn die einzelnen Lamellen untereinander zusammenhängen. Da die Knochenfibrillen zunächst in Bündeln von circa 2—3 μ Dicke zusammengeordnet sind, so ist mit der Dicke dieser Bündel auch die geringste mögliche Dicke der Knochenlamellen gegeben. In der That finde ich auch, dass Lamellen, die an Schliffen und Durch-

schnitten entkalkter Knochen ungefähr 3 μ Durchmesser zeigen, sehr häufig sind. Die Bündel sind, wie gesagt, in der Fläche durch zahlreiche spitzwinkelige Anastomosen eng verflochten und dies bedingt die grosse Festigkeit der Lamellen. Die Bündel treten aber auch aus der Lamellenebene theilweise heraus, um in eine nächstfolgende überzutreten. Diese Bündel kann man an Rissflächen bisweilen angedeutet sehen und dieselben können, wenn sie knapp an der Lamellenfläche abgerissen sind, stellenweise ein punktirtes Ansehen der Lamellen bewirken (vergl. Fig. 5 *d*). Ja bisweilen sieht man einzelne abgerissene Lamellen auf grössere Strecken ziemlich gleichmässig an der Oberfläche punktirt, was ich mir nicht anders zu deuten vermag, als dass hier die Fibrillenbündel en masse in eine andere Fläche unter fast rechtwinkeliger Umbiegung übertreten (Fig. 16, Taf. II). Solche Bilder sind nicht allzuhäufig, sie sind ferner noch dadurch bemerkenswerth, dass an ihnen die Knochencanälchen nicht einfache Punkte oder Schlitze darstellen, sondern zum grossen Theile auch als kürzere oder längere Canalstücke zu sehen sind. Es scheint also, dass an solchen Lamellen mit der geänderten Fibrillenrichtung auch die Knochencanälchen einen etwas anderen Verlauf zeigen als in Lamellen, wo die Umbiegung der Faserbündel in benachbarte nicht so plötzlich und massenhaft und unter weniger grossem Winkel erfolgt.

Die genauere Verfolgung der Lamellenverbindung ist übrigens an Flächenansichten nicht möglich; wir kehren daher wieder zu den Durchschnitten zurück. Untersucht man möglichst dünne Durchschnitte der mit Erhaltung der Structur entkalkten Knochen, so überzeugt man sich, dass die Lamellen an ihren Rändern wie mit kurzen schief laufenden Bändchen aneinander geheftet sind, welche den Lamellenrändern ein unregelmässig gesägtes Ansehen geben (vergl. Fig. 25, Taf. III). Diese Bändchen können wohl nichts anderes sein, als von einer Lamelle in eine andere übertretende Fibrillenzüge, welche die Lamellen immerhin so fest zusammenhalten, dass sie nur schwer von einander gerissen werden können. Man bemerkt ferner an so dünnen Schnitten noch etwas, was an Schliffen nicht oder nur sehr undeutlich zu erkennen ist, dass nämlich auch dort, wo auf

grössere Strecken hin ein und dieselbe Faserrichtung zu sehen ist (Fig. 25, a—a_5), doch auch eine lamellöse Schichtung durch die in der Richtung der Dicke in regelmässiger Folge bald mehr lockere und dann wieder dichtere Verflechtung der Fibrillenbündel sich geltend machen kann. Man könnte demgemäss vielleicht die Lamellen in primäre und secundäre unterscheiden und sagen, dass die secundären Lamellen aus einer Reihe primärer Lamellen mit gleich gerichteter Faserung zusammengesetzt seien. Die primären Lamellen, die nur aus einer oder sehr wenigen mit gleichmässiger Dichtigkeit verflochtenen Fibrillenbündelschichten bestehen, wären dann im lamellös gebauten Knochen überall von annähernd gleicher Dicke (3—5 μ), während die früher hervorgehobene grosse Variabilität der Lamellendicke sich nur auf die secundären Lamellen beziehen würde. So würden beispielsweise die Lamellen in Fig. 25 a, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 zusammen eine secundäre Lamelle darstellen, während den Lamellen b, b_2, a_6, b_3, a_7 der Werth primärer Lamellen zukommt. Man sieht ferner noch an dieser Figur, dass die Lamellen nicht immer auf lange Strecken dieselbe Faserung einhalten, bei c geht die Querfaserung in eine Längsfaserung über, bei d schiebt sich plötzlich zwischen die Längsfasern ein kurzes Stück einer quergefaserten Lamelle ein. Ich muss hier noch, um Missverständnissen vorzubeugen, ausdrücklich hervorheben, dass mit der obigen Unterscheidung von primären Lamellen durchaus nicht gesagt sein soll, dass dieselben ein constantes Formelement eines jeden Knochens bilden, es muss hier vielmehr nochmals betont werden, dass als constantes Formelement der Knochengrundsubstanz nur die leimgebende Fibrille gelten kann. Wir werden später noch ausführlicher von nicht lamellöser Knochensubstanz zu handeln haben, wie sie z. B. in jugendlichen Knochen und in den Knochen mancher Thiere vertreten ist. Die gegebene Beschreibung der Lamellen ist vorzüglich auf die Untersuchung der compacten Röhrenknochen des erwachsenen Menschen begründet und passt daher zunächst nur für diese. Allein auch in diesen Knochen haben wir noch Theile der Grundsubstanz von nicht lamellöser Anordnung, nämlich die Sharpey'schen Fasern zu berücksichtigen, auf deren Schilderung wir jedoch erst in einem späteren Abschnitte eingehen wollen. Für

jetzt soll zur Ergänzung der Vorstellungen über die Knochenlamellen noch die Frage erörtert werden, wie die zwischen den Fibrillen und Fibrillenbündeln der leimgebenden Substanz vorhandenen Zwischenräume beschaffen sind.

Ich habe schon im ersten Abschnitte den Nachweis geführt, dass die leimgebenden Fäserchen nicht verkalkt sind, so dass man durch Auskochen von Schliffen ein von vielen feinen Canälchen (den Lücken, in welchen früher die Fibrillen lagen) durchzogene Masse erhält, die ausserdem noch grössere Hohlräume mit davon ausgehenden Röhrchen, die Knochenkörperchen mit den Knochencanälchen enthält. Diese Masse besteht aus einer organischen Grundlage und enthält die Knochenerde, sie ist offenbar der Kittsubstanz des Bindegewebes homolog und kann daher als Kittsubstanz des Knochens bezeichnet werden. Da die Kittsubstanz, abgesehen von den Knochenkörperchen und ihren Ausläufern alle Zwischenräume zwischen den leimgebenden Fasern ausfüllt, so ist sie natürlich in ihrer Anordnung von der Anordnung der Knochenfibrillen abhängig. Sie ist am spärlichsten in den Fibrillenbündeln, wo sie die einzelnen Fäserchen zusammenhält; füllt grössere Räume zwischen den Faserbündeln der primären Lamellen aus und erreicht ihre grösste Entwicklung zwischen den primären Lamellen, weil die Faserbündel, welche die primären Lamellen verbinden, weniger dicht stehen als die der primären Lamellen selbst.

Eine besondere Berücksichtigung verdient noch das Verhältniss der Knochenkörperchen und ihrer Ausläufer zur verkalkten Kittsubstanz. Dass die Knochenhöhlen mit ihren Ausläufern unmittelbar nirgends von leimgebenden Fibrillen begrenzt werden, geht schon aus der bekannten Thatsache hervor, dass aus Knochen, deren leimgebende Substanz vollständig zerstört ist, die Wände der Knochenhöhlen mit ihren Ausläufern dargestellt werden können [1]. Die Knochenkörperchen und Knochencanälchen werden also zunächst von der Masse begrenzt, die wir oben als Kittsubstanz definirt haben. Ob die Isolirbarkeit der sogenannten Knochenkapseln zu der Annahme berechtigt,

[1] E. Neumann. Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes. Leipzig 1863.

dass die Kittsubstanz, welche die Knochenhöhlen begrenzt, von der übrigen wesentlich verschieden sei, ist eine andere Frage, deren Beantwortung mir schwierig scheint. Ich habe diesem Punkte kein specielles Studium gewidmet, glaube jedoch, dass die Anwesenheit einer continuirlichen Masse Kittsubstanz unmittelbar um die Knochenhöhlen möglicherweise der einzige Grund für die Darstellbarkeit der Knochenkapseln ist. Behandelt man durch mehrere Tage ausgekochte Schliffe mit verdünnter Salzsäure, so bleibt die organische Grundlage der Kittsubstanz allein zurück und an derselben ist eine scharfe Abgrenzung der Kapseln der Knochenhöhlen gegen die übrige Kittsubstanz nicht zu bemerken, es geht vielmehr der glänzende Saum, der die Knochenkörperchen umfasst, unmerklich in die übrige Kittsubstanz über. Ein eingehendes Studium der Kapseln der Knochenkörperchen lag ausser dem Plane dieser Arbeit und ich habe mich mit dem Studium der Kittsubstanz nur insoweit befasst, als mir dies zur Vervollständigung der Vorstellungen über die Anordnung der Formelemente der Knochengrundsubstanz nothwendig schien.

Was nun die Beziehungen der Knochenkörperchen zu den Lamellen anlangt, so liegen dieselben im Allgemeinen überall, wo secundäre Lamellen entwickelt sind, zwischen den primären Lamellen. Wo nur primäre Lamellen mit verschiedenem Faserlauf aufeinander folgen, ist aber häufig ein eigenthümliches Verhalten zu bemerken. Es finden sich nämlich die Knochenkörperchen zwischen zwei primären Lamellen mit parallelem Faserverlauf eingeschoben, welche sich sofort ober- und unterhalb des Knochenkörperchens wieder zu einer einzigen primären Lamelle vereinigen. Die Thatsache könnte vielleicht auch so ausgedrückt werden, dass manchmal primäre Lamellen durch eingelagerte Knochenkörperchen gespalten werden, oder noch einfacher, dass auch primäre Lamellen Knochenkörperchen enthalten können; doch könnte die letztere Ausdrucksweise einer strengen Kritik als unvereinbar mit dem früher aufgestellten Begriffe der primären Knochenlamelle erscheinen. Die Knochenkörperchen sind, wo sie in secundären Lamellen liegen, mit ihrem langen Durchmesser stets dem Hauptzuge der Fibrillenbündel parallel, wo sie jedoch zwischen primären Lamellen mit

aufeinander senkrechter Faserung liegen, kann das Knochenkörperchen auf einer Seite von Faserzügen begrenzt sein, die mit der Längsachse desselben sich kreuzen. Der mittlere Durchmesser der Knochenkörperchen liegt den Lamellen parallel; der kurze ist stets senkrecht gegen dieselben gerichtet. Die Knochencanälchen bohren sich ausnahmslos durch die Kittsubstanz, welche die mehr weniger spitz rhombischen Maschenräume zwischen den Fibrillenbündeln ausfüllt. Die Knochencanälchen liegen mithin immer zwischen Fibrillenbündeln und dieser Umstand ist hier noch desshalb hervorzuheben, weil er die an Lamellen mit quer durchschnittener Faserung durch die Knochencanälchen bedingte Streifung, welche die Dicke der Lamellen durchsetzt, verstärken muss. Diese Streifung rührt nicht ausschliesslieh von den Knochencanälchen her, sondern theilweise auch von der die Fibrillenbündel verbindenden Kittsubstanz, und man kann in der That bei einiger Aufmerksamkeit an dünnen entkalkten Schnitten die Bündelquerschnitte, die dazwischen liegenden Kittsubstanzstreifen und die Knochencanälchen als gesonderte Dinge unterscheiden (vergl. Fig. 25 b_1, b_2, b_3).

Mit dem bisher über die Knochenlamellen Angeführten haben wir die Structur derselben und ihre Verbindung in der Richtung senkrecht auf die Fläche kennen gelernt. Es hat sich ergeben, dass die Knochenfibrillen zunächst Bündel von circa 3 μ Durchmesser bilden, welche in einfacher Lage oder nur wenige übereinander durch zahlreiche spitzwinkelige Anastomosen eine dicht gewebte Platte mit kleinen rhombischen Maschen, primäre Lamellen, darstellen. Die einzelnen Lamellen hängen durch schief abtretende Bündel untereinander zusammen. Folgen mehrere primäre Lamellen mit gleicher Faserrichtung aufeinander, so kommt es zur Bildung verschieden dicker secundärer Lamellen, und die lamellöse Structur tritt an Schnitten und Schliffen um so deutlicher hervor, je mehr in aufeinander folgenden Schichten die Faserrichtung wechselt. Es bleibt aber jetzt noch die Frage zu erörtern, wie denn die Lamellen in der Fläche begrenzt sind, wie sie anfangen und aufhören. Da dieser Punkt

namentlich für die Lehre von der Knochenresorption von fundamentaler Bedeutung ist, so soll demselben ein eigener Abschnitt gewidmet werden.

Hier möge aber noch ein kurzer Rückblick auf den bisherigen Stand unserer Kenntnisse der lamellösen Knochenstructur Platz finden.

Lange bevor die blätterige Structur der Knochensubstanz mikroskopisch an Durchschnitten nachgewiesen war, kannte man bereits die Thatsache, dass sich an entkalkten Knochen Blätter abziehen lassen und dass durch Auskochen, Calciniren und Verwittern die Knochen ebenfalls in Schüppchen und Blätter zerfallen können. So nahm denn schon Du Hamel (1741) an, dass die Knochen aus Blättern sich aufbauen. Diese Angabe wurde von einer Reihe von Nachuntersuchern richtig befunden und E. H. Weber bestätigte dieselbe für die Rinderknochen, läugnete sie aber beim Menschen [1]. Erst durch Deutsch [2] wurden die Knochenlamellen nicht allein isolirt, sondern auch an Schnitten mit dem Mikroskope nachgewiesen. Seit dieser Zeit ist die Existenz der Lamellen in den menschlichen Knochen fast allgemein anerkannt. Über ihren feineren Bau existiren zahlreiche Beobachtungen, die jedoch nicht dazu führten, alle mit dem Mikroskope wahrzunehmenden Erscheinungen erklärend zusammen zu fassen.

Henle [3] bemerkte bereits, dass die Lamellen mitunter faserig erscheinen und dass sie an dünnen Querschnitten einen unebenen welligen Rand besitzen.

Arnold [4] nimmt Knochenprimitivfasern an und unterscheidet feinere und gröbere Lamellen von 1·5 μ. und 9 μ. Durchmesser. Allein diese Knochenprimitivfasern wurden von den Ausläufern der Knochenhöhlen nicht hinreichend unterschieden und so kam es, dass seine Angaben wenig Beachtung fanden. Sharpey [5] erkannte an isolirten Lamellen eine faserige Structur. Er beschreibt, dass die Fasern vielfach sich durchkreuzen, anastomosiren und rhombische Maschen bilden, so dass sie desshalb nicht isolirt werden können. Hassall [6] gibt eine Abbildung nach einem Präparate von Sharpey, das diese Verhältnisse wiedergibt. Es scheint mir sicher zu sein, dass Sharpey in der That eine häufige Form der Verflech-

---

[1] F. Hildebrandt's Anatomie. IV. Ausgabe, besorgt von E. H. Weber. Braunschweig 1830. Bd. I. p. 320.

[2] l. c.

[3] l. c.

[4] l. c.

[5] Quain's Anatomy. 5. Edit. Part. II. p. 142. Ich konnte mir diese Ausgabe leider nicht verschaffen und citire daher nach Hassall.

[6] Hassall's mikroskopische Anatomie, übersetzt von Kohlschütter p. 209 u. Taf. XXX, Fig. 4.

tung der Faserbündel in den Lamellen gesehen hat, doch sind ihm die Fibrillen, welche die von ihm als Fasern beschriebenen Bündel zusammensetzen, entgangen, da er in Säure gequollene Knochen untersuchte. Kölliker erklärt die Knochensubstanz wie Tomes für körnig, unterscheidet aber an den Knochenlamellen in Wasser etc. eine blasse mehr homogene und eine dunklere granulirte Abtheilung. Es sind diese beiden Abtheilungen einer Lamelle nach meiner Darstellung zwei primäre Lamellen mit senkrecht auf einander gerichteter Faserung. Die blasse Abtheilung einer Lamelle im Sinne Kölliker's enthält eben der Länge nach getroffene, die dunklere quer durchschnittene Faserbündel. Schon Deutsch betrachtet nur die dunklern, punktirten Lamellen als eigentliche Lamellen, während er die streifigen Lamellen als Grenzlinien auffasst. Dass die meisten Autoren einer ähnlichen Auffassung der Lamellen huldigen, scheint mir aus den im Allgemeinen übereinstimmenden Messungen hervorzugehen. Zur Messung wurden natürlich von allen Forschern solche Stellen bevorzugt, wo die lamellöse Schichtung besonders deutlich ist. Dies ist namentlich dort der Fall, wo primäre Lamellen mit abwechselnd um 90° differirender Faserrichtung wechseln. Die mittlere Dicke der Lamellen beträgt nach Miescher 6·1 μ., nach Krause 6·7—16 μ., nach Bruns 6·1—9 μ., nach Henle 4, 5—8 μ., nach Frey 6·5 μ. bis 15·7 μ. Die kleinsten Zahlen sind offenbar Stellen entnommen, an welchen primäre Lamellen wechseln. Dividirt man diese Zahlen durch 2, so erhält man die von mir als mittlere Dicke der primären Lamellen angegebene Zahl, nämlich circa 3 μ., und ich muss daher schliessen, dass fast alle früheren Beobachter ebenso, wie Kölliker, je zwei primäre Lamellen als eine einzige betrachtet haben.

Sehr eingehend haben sich Tomes und De Morgan[1] mit dem Studium der Knochenlamellen befasst. Sie erwähnen die ungleiche Dicke und die sehr verschiedene Deutlichkeit der Lamellen an verschiedenen Stellen desselben Knochens und unterscheiden, ähnlich wie Kölliker, an den sehr deutlich entwickelten Lamellen eine körnige und eine durchsichtige structurlose Schicht und heben hervor, dass diese Structur am besten an Schliffen zu sehen sei, welche in hartem Canadabalsam eingeschlossen sind.

In der That tritt aus den früher erwähnten Gründen die verschiedene lichtbrechende Kraft der streifigen und der punktirten Lamellen gerade an solchen Präparaten am schärfsten hervor und es entging den genannten Beobachtern daher auch nicht, dass unmittelbar um das Lumen der Havers'schen Canäle häufig eine sehr glänzende, scheinbar structurlose Schichte am Querschliffe zu sehen ist. Dort finden sich nämlich häufig dickere Systeme von Lamellen mit circulärem Faserverlauf. Das scharfe Hervortreten der Knochencanälchen und der Bündelgränzen an

[1] Philosophical Transactions of the Royal Soc. for the year 1853, Vol. 143, p. 112.

punktirten Lamellen wird ebenfalls hervorgehoben; die von den Verfassern gegebene Deutung des durch Beschreibung und Abbildungen erläuterten Bildes ist jedoch eigenthümlich, sie erklären nämlich das, was ich für Durchschnitte von Fibrillenbündeln halte, als Zellen!

Seit der Arbeit von Tomes und De Morgan ist, soweit mir die Literatur bekannt ist, nichts Wesentliches mehr über den Bau der Knochenlamellen laut geworden. Die vielen Arbeiten über Osteogenese haben die am fertigen Knochengewebe sichtbaren Eigenthümlichkeiten der Lamellen nicht aufzuklären vermocht und man begnügte sich fast allgemein, die Knochensubstanz als eine homogene Masse anzusehen, deren lamellöse Structur durch die schichtweise Ablagerung von Seite der Osteoblasten sich erklären sollte. Waldeyer[1] hebt allerdings hervor, dass es bei dieser Auffassung noch immer unerklärt bleibe, wie es komme, dass man die Lamellen als gesonderte Dinge sieht, da die Osteoblasten unter einander mehr oder weniger durch Ausläufer verbunden sind.

Dass die Knochenlamellen von Strelzoff[2] in neuester Zeit als Trugbilder erklärt wurden, habe ich bereits erwähnt. Wie Strelzoff zu dieser Behauptung kam, ist im Allgemeinen begreiflich. Strelzoff hat eben vorwiegend Knochen untersucht, welche in der That, wie später noch auseinandergesetzt werden soll, entweder gar keine oder nur wenig entwickelte Knochenlamellen besitzen; nämlich die Knochen von Embryonen und von Vögeln, während er die Knochen erwachsener Menschen und Säugethiere nicht eingehend berücksichtigte. Strelzoff gibt allerdings eine Abbildung von einem Querschliffe eines menschlichen Phalanx mit Immersion XI Hartnack gezeichnet[3], die für seine Ansicht sprechen soll; ich kann jedoch nur versiehern, dass mir unter Hunderten von Querschliffen menschlicher Röhrenknochen niemals einer unterkam, der nur entfernt ein ähnliches Bild bot. Ich kann mich daher auch auf die Deutung dieser mir räthselhaften Abbildung nicht einlassen. Es dürfte dies übrigens um so weniger nothwendig sein, als aus den in den vorhergehenden Blättern angeführten Thatsachen wohl zur Genüge hervorgeht, dass die Knochenlamellen durch Anastomosen der Knochencanälchen nicht erklärt werden können.

IV. Von den Kittlinien und der Flächenbegrenzung der Lamellen.

Wenn man einen Durchschnitt durch compacte Knochensubstanz eines erwachsenen Menschen am besten den Querschnitt eines entkalkten Röhrenknochens bei schwacher Vergrösserung

---

[1] Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. I, p. 354.

[2] l. c.

[3] l. c. Taf. XII, Fig. 29.

betrachtet, so sieht man eigenthümliche ziemlich scharf hervortretende, buchtige Linien, welche in verschiedener Richtung laufend, das Knochengewebe in eine Summe von Feldern oder Inseln zerlegen, innerhalb welcher die Knochenlamellen einen im Allgemeinen gleichmässigen Verlauf zeigen, also an Durchschnitten als parallele Streifen erscheinen. Ein Theil der Linien läuft mehr weniger concentrisch zum Lumen der Havers'schen Canäle in grösserem oder geringerem Abstande von demselben, andere laufen mehr unregelmässig in den Zwischenräumen zwischen diesen, während an der äusseren und inneren Knochenoberfläche der gleichmässige, dieser Fläche parallele Zug der Lamellen nur seltener unterbrochen erscheint. Die Linien waren schon Deutsch bekannt und wurden von ihm in Fig. 1 seiner Dissertation, freilich in sehr unvollkommener Weise, abgebildet; sie sind seitdem, da sie an in Säure gequollenen Knochendurchschnitten besonders scharf hervortreten, wohl von allen Beobachtern gesehen und theilweise als Grenzen zwischen den verschiedenen im Knochengewebe zu unterscheidenden Lamellensystemen, den Havers'schen, Schalt- und umfassenden Lamellen [1], beschrieben worden. Die Linien geben den Knochenschliffen und Durchschnitten ein ganz eigenthümlich unregelmässig verworrenes Ansehen, das rascher durch einen Blick auf die Abbildungen (Fig. 17, Taf. II, Fig. 19, 22 und 27, Taf. III), oder noch besser auf ein geeignetes Präparat, als durch eine weitläufige Beschreibung anschaulich wird. Die Linien sind so zahlreich, wie sie in den citirten Abbildungen sich zeigen, nur bei älteren Individuen zu sehen, in Knochen von Embryonen fehlen sie ganz oder sind wenigstens nur vereinzelt an ganz bestimmten Localitäten zu finden. Doch davon soll später noch die Rede sein, vorderhand sollen nur die Knochen erwachsener Individuen in Betracht kommen, an welchen diese Linien wie gesagt massenhaft zu sehen sind. Da für diese Linien ein bestimmter passender Name nicht vorliegt, so ist es für die folgende Darstellung nothwendig, einen solchen neu zu bilden. Ich wähle den Ausdruck Kittlinien. Dieser Ausdruck ist desshalb

[1] Vergl. bezüglich dieser Ausdrücke Rollett in Stricker's Handbuch p. 88.

bezeichnend, weil an den Linien stets die Faserbündel des Knochens unterbrochen sind, so dass der Zusammenhang des Gewebes ausschliesslich nur durch eine auf eine ältere bereits vorhandene Knochenlage aufgetragene Kittschichte bewerkstelligt wird.

Fassen wir zunächst die Kittlinien ins Auge, welche die Havers'schen Ringsysteme begrenzen, so fällt an Querschnitten Folgendes auf (vergl. Fig. 17*c*, Fig. 19*a*). Die Kittlinie besitzt eine Reihe von stärker und schwächer vorspringenden rundlichen Buckeln, deren Convexität vorwiegend nach aussen sieht, während die zwischen den Buckeln einspringenden Winkel in der Regel mit ihren Scheiteln gegen das Lumen des Havers'schen Canales gerichtet sind. Die Höhe und Breite der Ausbuchtungen wechselt, die erstere ist oft so gering, dass bei schwachen Vergrösserungen die Kittlinien ziemlich gleichmässig gekrümmt erscheinen. Die Kittlinien sind ziemlich dunkel und treten meistens schärfer hervor als die Lamellengrenzen und sind daher von den letzteren gewöhnlich schon dadurch allein, abgesehen von dem wellig-zackigen Verlauf, der erst bei mittleren Vergrösserungen deutlich hervortritt, leicht zu unterscheiden. Sie sind übrigens nicht immer im ganzen Umfange eines Havers'schen Systemes gleich deutlich und es kommt nicht selten vor, dass sich die Kittlinie verliert, so dass das Havers'sche System theilweise die directe Fortsetzung eines anderen Lamellensystemes darstellt (vergl. Fig. 19 *b* und *c*). Ähnliches findet sich auch an den Kittlinien der Schaltlamellen, so dass Systeme, welche streckenweise scharf getrennt sind, dann weiterhin verschmelzen können. Das wesentlich Charakteristische der Kittlinien tritt erst bei der Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen in der Beschaffenheit der angrenzenden Knochensubstanz zu Tage, welche an der inneren und äusseren Seite der Linie eine völlig verschiedene ist. An der äusseren Seite des Havers'schen Systemes erleiden die Schaltlamellen eine plötzliche Unterbrechung, die um so schärfer hervortritt, je weniger die Richtung derselben mit dem Verlaufe der Kittlinie übereinstimmt, und am deutlichsten dann zu Tage tritt, wenn ein Schaltlamellensystem mit abwechselnd punktirten und streifigen Lamellen senkrecht oder schief an die Kittlinie stösst

(Fig. 17 und 26). Die Lamellen, respective die Faserbündel derselben, sind dann plötzlich unterbrochen, zeigen nicht die geringste Änderung im Verlaufe oder in ihrer Dicke, kurz man bekommt den Eindruck, dass eine vollständig regelmässige Lamellenschicht mit einem scharfen Instrumente längs der Kittlinie abgeschnitten sei. Dieser Eindruck wird noch verstärkt, wenn man da und dort bemerkt, dass einzelne weiter vorspringende Buckeln der Kittlinie Lamellen unterbrechen, welche dann jenseits des Buckels genau in derselben Richtung und in derselben Breite weiterziehen (vergl. Fig. 17 und Fig. 22 zwischen *a* und *e*). Nimmt man das Polarisationsmikroskop zu Hilfe, so tritt die Unterbrechung der Lamellen besonders deutlich hervor, wenn, wie in Fig. 18, die streifigen Lamellen unter + 45° zu den Polarisationsebenen der gekreuzten Nihols orientirt sind. Untersucht man Stellen, wo die lamellöse Structur weniger deutlich ist, oder wo gar nur eine gleichmässige Punktirung zu sehen ist, so wird man immer noch finden, dass die Structur der Grundlamellen bis zur Kittlinie dieselbe bleibt, dort aber plötzlich aufhört. Lassen alle diese Thatsachen schon darauf schliessen, dass längs der Kittlinie Knochensubstanz zerstört wurde, so wird diese Annahme zur Gewissheit, wenn man das Verhalten der Knochengrundsubstanz an der inneren Seite der Kittlinie, das Verhalten der Knochenkörperchen dortselbst, endlich Isolationspräparate ins Auge fasst.

Während die Schaltlamellen in allen möglichen Richtungen gegen die Kittlinie stossen, sind die Havers'schen Lamellen der Hauptrichtung derselben stets parallel. Die Havers'schen Lamellen reichen aber nicht bis an die Kittlinie, sondern sie verlieren sich dort unmerklich. In der Nähe der Kittlinie verschwindet die lamellöse Structur, indem sich die Fibrillenbündel in verschiedenen Richtungen ziemlich unregelmässig durchflechten und endlich in Fibrillen auflösen, die ähnlich wie die Bindegewebsfibrillen an der Oberfläche der *Pars papillaris corii*, oder die Corneafäserchen in der vorderen Grenzschichte der Hornhaut in einer fast gleichmässigen Masse verschwinden, welche die Buchten längs der inneren Seite der Kittlinie ausfüllt (Fig. 19 und 26). Es liegt also hier ein Verhältniss vor, das mit gewissen freien Oberflächen anderer bindegewebiger Tex-

turen eine solche Übereinstimmung zeigt, dass wir wohl nicht Anstand nehmen dürfen, dasselbe als einen natürlichen Anfang des sich schichtweise entwickelnden Knochengewebes zu betrachten, während das Verhalten der Schaltlamellen auf der anderen Seite der Kittlinie nur als das Resultat eines vorausgegangenen Zerstörungsprocesses aufgefasst werden kann.

Das Verhalten der Knochenkörperchen an den Kittlinien löst, wie ich glaube, jeden Zweifel an der Richtigkeit der hier dargelegten Vorstellungen. Auf Seite der Schaltlamellen gehen die Knochencanälchen in ungeändertem Verlaufe bis an die Kittlinie und erscheinen dort je nach der Richtung, in welcher die Schaltlamellen an dieselbe anstossen, in den verschiedensten Richtungen abgeschnitten, ja bisweilen gelingt es auch Stücke von abgeschnittenen Knochenkörperchen zu sehen. Die Art und Weise, wie die Knochencanälchen hier an der Kittlinie aufhören, wird Niemanden zweifeln lassen, dass keine natürlichen, sondern durch einen Zerstörungsprocess abgeschnittene Enden vorliegen. Man sieht häufig Knochenkörperchen mit sehr regelmässig gebildeten Ausläufern, aus welchen einzelne Partien herausgeschnitten, oft knapp am Körperchen amputirt erscheinen (vergl. Fig. 27 und 26 *d*).

Betrachtet man dagegen die andere Seite der Kittlinie, so bemerkt man, dass dort die Knochenkörperchen nicht bis an die Linie heranreichen, sondern einen mehr weniger breiten, hellen Saum, in welchen sich die aufgefaserten Knochenfibrillen verlieren, frei lassen. Die Knochenkörperchen sind hier meist unregelmässig, was mit dem Mangel der lamellösen Knochenstructur zusammenhängt, in verschiedenen Richtungen orientirt, oft rundlich oder aber ganz ungleichmässig, so dass von einer Unterscheidung von drei verschiedenen Durchmessern keine Rede sein kann. Das Merkwürdigste ist aber das Verhalten der Knochencanälchen. Dieselben biegen sich nämlich im Bereiche des Saumes um, so dass diese der Kittlinie zugekehrte Seite der Knochenkörperchen mit zurücklaufenden, schlingenförmigen Canälchen besetzt ist. Ausnahmsweise scheinen aber auch Anastomosen mit den abgeschnittenen Enden der Knochencanälchen der Schaltlamellen jenseits der Kittlinie vorzukommen; doch kann dies, wie später noch klar werden soll, leicht auf einer

Täuschung beruhen; weitaus in der Mehrzahl der Fälle ist aber sicherlich die Trennung der rückläufigen Canäle von den abgeschnittenen Knochencanälchen der Schaltlamellen eine vollständige. Diese Eigenthümlichkeiten der Knochencanälchen treten am besten an dünnen Schliffen hervor, welche mit Erhaltung der Luftfüllung in harten Canadabalsam eingeschlossen sind; alle anderen Präparate, an welchen die Knochencanälchen mit Flüssigkeiten erfüllt wurden, sind weniger brauchbar. Lufttrockene Schliffe müssen sehr sorgfältig polirt sein, wenn sie ohne Canadabalsamdecke die beschriebenen Verhältnisse klar zeigen sollen.

Für die Kittlinien, welche die Havers'schen Canalsysteme begrenzen, ist ohne die Berücksichtigung der Charaktere der Knochensubstanz an ihrer äusseren und inneren Seite klar, dass die Havers'schen Lamellen jünger sind, als die umgebenden Schaltlamellen, denn dass das neue Knochengewebe einerseits vom Periost, andererseits von den Gefässcanälen her während der Entwicklung angelagert wird, wird heut zu Tage kein Histologe läugnen wollen. Es finden sich aber noch zwischen den einzelnen Systemen der Schaltlamellen Kittlinien in grosser Zahl, an welchen eine Beziehung zu den Gefässcanälen im ausgewachsenen Knochen nicht mehr zu erkennen ist. Alle diese Kittlinien zeigen aber dieselben Eigenthümlichkeiten bezüglich der sie begrenzenden Knochensubstanz, wie wir sie an den Havers'schen Ringsystemen kennen gelernt haben und wir können daher ganz allgemein auf der einen Seite der Kittlinie relativ älteres, theilweise zerstörtes, auf der anderen Seite relativ jüngeres, auf das erstere aufgelagertes Knochengewebe unterscheiden. Die relativ jüngere Knochensubstanz, welche den Kittlinien der Schaltlamellen angelagert ist, zeigt bisweilen ein von den Havers'schen Systemen nur insoferne verschiedenes Verhalten, als die Lamellen manchmal, wiewohl selten, der Kittlinie nicht parallel sind, sondern, nachdem sie sich aus den unregelmässig gekreuzten Fasern und Faserbündeln der Anlagerungsfläche differenzirt haben, eine zur Kittlinie fast senkrechte Richtung einschlagen. Es zerfällt also das auf einem Schliffe oder Schnitte sichtbare Gewebe in eine grosse Zahl von grösseren und kleineren Feldern, deren relatives Alter aus der

Begrenzung der Kittlinien bestimmt werden kann. Jede Kittlinie ist gleichzeitig Resorptionslinie für ein Feld und Appositionslinie für das angrenzende. So ist z. B. in Fig. 22, Taf. III offenbar das kleine Feld *c* das älteste, denn es ist allseitig von Resorptionslinien umgrenzt, das nächst jüngere Feld ist *e*, denn dieses zeigt gegen *c* eine Appositionslinie, gegen alle anderen Felder aber Resorptionslinien. Noch jünger ist das Feld *f*; dasselbe zeigt gegen *e* eine Appositionslinie, gegen *d* und *g* aber Resorptionslinien. Die jüngsten Felder sind *a*, *b*, *d* und *g*, deren relatives Alter nicht bestimmt werden kann, da ihre in die Zeichnung fallenden Grenzen sämmtlich Appositionslinien sind. Ähnliche Unterscheidungen lassen sich in Fig. 19, Taf. III machen, nur treten dort die Kittlinien nicht so scharf hervor wie in Fig. 22. In Fig. 27, wo die Kittlinien ausser durch die buchtigen Ränder besonders durch das Verhalten der Knochenkörperchen hervortreten, ist offenbar *b* das älteste Feld, dann folgt *f*, das gegen *b* eine schmale Appositionslinie besitzt, dann *g*, dann *d*, endlich die ungefähr gleich alten Felder *a*, *c* und *e*.

Bisher war nur von den Kittlinien die Rede, welche an Querschnitten von Röhrenknochen zu sehen sind. Dieselben finden sich auch an Längsschnitten, lassen sich aber an denselben desshalb schwieriger untersuchen, weil an Längsschnitten weit mehr Flächen- und Schrägschnitte von Knochenlamellen zu sehen sind, als an Querschnitten. Schräg abgeschnittene Knochenlamellen zeigen nicht selten unregelmässig buchtige Ränder, welche zwar bei einiger Aufmerksamkeit mit Kittlinien nicht zu verwechseln sind, aber doch die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen. Die Kittlinien der Havers'schen Lamellen stellen an Längsschnitten ebenfalls buchtige Linien dar, welche den Lamellen im Allgemeinen parallel laufen, jedoch, wenn sie sich auf weitere Strecken verfolgen lassen, bedeutende Unregelmässigkeiten zeigen und dem Lumen des Canales bald näher, bald ferner rücken. Ja die Kittlinie kann bisweilen dem Lumen eines Havers'schen Canales ganz nahe rücken und endlich dasselbe berühren, es liegt dann selbstverständlich eine Resorptionslinie blos. Dasselbe kann auch an Querschnitten constatirt werden, doch findet sich derartiges an Knochen Erwachsener verhältnissmässig selten. Ein Verschmelzen der Kittlinien wird auch an Längsschnitten

bemerkt und bezüglich der feineren Details überhaupt wiederholen sich alle Eigenthümlichkeiten, welche bereits am Querschnitte geschildert wurden. Da die Kittlinien an Längs- und Querschnitten gesehen werden können, so folgt, dass sie Durchschnitten von Flächen entsprechen. Die Kittlinien des Durchschnittes entsprechen also Kittflächen in einem grösseren Stücke des Knochengewebes. Denkt man sich die in der Kittfläche einander innig berührenden Theile des Knochengewebes von einander gerissen, so erhält man zwei Oberflächen, die sich zu einander verhalten wie Matrize und Auge einer Letter. Die eine Oberfläche, der Matrize entsprechend, ist mit zahlreichen scharfen Leistchen und spitzen Höckerchen und dazwischen liegenden rundlichen, mehr weniger die Form von Hohlkugelsegmenten darstellenden Vertiefungen versehen, welche theils in Lamellenflächen eingegraben sind, theils mit der Kante vorliegende Lamellen bloslegen. Die ganze Fläche hat mit einem Wort den Charakter einer Resorptionsfläche, die rundlichen Gruben entsprechen Howship'schen Lakunen. Die zweite Fläche, dem Auge der Letter entsprechend, ist mit kleinen rinnen- und trichterförmigen Vertiefungen und dazwischen liegenden, rundlichen, halbkugeligen Hervorragungen versehen, welche aus mannigfach durch einander gefilzten Knochenfibrillen und viel Kittsubstanz bestehen und unregelmässige Knochenkörperchen enthalten. Diese Oberfläche ist die Anlagerungsfläche. Eine wirkliche Darstellung dieser Oberflächen des alten und relativ neuen Knochengewebes, wie sie sich aus der Combination der verschiedenen Durchschnittsbilder der Kittlinien ergibt, durch Auseinanderreissen zu bewerkstelligen, ist nur in unvollkommener Weise möglich; doch erhält man an mit Erhaltung der Knochentextur entkalkten Knochen immerhin Resultate, welche wesentlich zur Ergänzung der an Durchschnitten gewonnenen Erfahrungen beitragen.

Fertigt man Isolationspräparate durch Schaben mit dem Skalpelle in der früher (Seite 28) angegebenen Weise an, so erhält man nicht selten Präparate, wie das in Fig. 15, Taf. II abgebildete. An den in der Fläche gesehenen Lamellen sieht man buchtige und zackige Ränder, an welchen die Faserung der Lamellen scharf abgeschnitten ist. Da und dort bemerkt man

auch glattrandige Öffnungen (*b, b*), welche wie mit einem Locheisen aus einer regelmässig gefaserten Lamelle herausgeschnitten scheinen. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass dies eine zu den früher beschriebenen Durchschnittsbildern gehörende Flächenansicht von Lamellen ist, die von Resorptionsgrübchen angenagt und durchbrochen sind. Dass die Löcher etwa nur durch Präparation entstanden sind, ist nicht denkbar, denn durch Schaben mit dem Messer können natürlich keine solchen charakteristisch buchtigen Linien und rundlichen Löcher in gleichmässig aufeinander gelagerten Lamellen hervorgebracht werden, es lassen sich solche Bilder nur begreifen durch die Annahme, dass die Buchten und Löcher schon präformirt waren und dass durch das Schaben nur die Ausfüllungsmasse derselben herausgerissen wurde.

Diese Ausfüllungsmasse ist nun ebenfalls da und dort in Form von halbkugeligen oder pilzförmigen Hervorragungen zu sehen, welche mit breiter Basis auf einer meist aus sehr unregelmässig verflochtenen Bündeln bestehenden, nicht deutlich lamellösen Grundlage sich erheben. Diese Massen sind aber so dick und wenig durchsichtig, dass man schwer Details wahrnehmen und nur im Allgemeinen controlliren kann, dass die aus den Durchschnittsbildern erschlossene Gestalt der Appositionsflächen thatsächlich vorhanden ist. An einzelnen rundlichen oder halbkugeligen abgerissenen Höckern der Appositionsfläche, die da und dort zu sehen sind, kann man sich überzeugen, dass der Fibrillenverlauf in denselben häufig radiär ist, so dass die Oberfläche fast überall mehr weniger deutlich punktirt, seltener gestreift erscheint.

Aus dem bisher Angeführten geht hervor, dass die Kittlinien, wo sie scharf hervortreten und mit buchtigen Rändern versehen sind, Durchschnitte von Flächen sind, an welchen auf durch Resorption theilweise zerstörter Knochensubstanz neue Knochensubstanz abgelagert wurde. An den Kittflächen ist also eine Unterbrechung der Gewebecontinuität vorhanden. Die Verbindung wird einfach durch auf die Resorptionsfläche aufgetragenen Kitt hergestellt. Spalten existiren, wie man sich an Schliffen überzeugt, in der Regel nicht, wo solche zu sehen sind, fehlt es fast nie an Anzeichen, dass die aneinander gelötheten

Flächen erst in Folge des Schleifens sich losgetrennt haben. An Schnitten entkalkter Knochen präsentirt sich die Kittlinie stets als einfacher dunkler Streifen, doch ist hier natürlich schwer die Entscheidung zu treffen, ob allenfalls eine ganz feine Spalte vorhanden ist oder nicht. Die Verbindung der Knochensubstanz an den Kittlinien ist jedenfalls weniger fest als zwischen den einzelnen Lamellen eines Systems, doch ist sie dadurch eine vollständig sichere, dass die verkitteten Flächen mit zahllosen Unebenheiten ineinander greifen. Jetzt, nachdem die Gestalt der Kittflächen genauer beschrieben wurde, wird es begreiflich sein, dass der Anschein, als ob die zu beiden Seiten der Kittlinie liegenden Knochencanälchen mit einander anastomosiren, sehr leicht auf einer Täuschung beruhen kann. Die Appositions- und Resorptionsfläche schieben sich vielfach übereinander. Fällt nun beispielsweise ein Schliff gerade so, dass er die Oberfläche eines Buckels der Appositionsfläche tangirt, so wird darüber oder darunter ein leistenförmiger Vorsprung der Resorptionsfläche liegen, der nahezu in derselben Ebene sich befindet. Dadurch kann der Anschein entstehen, dass Knochencanälchen der Resorptions- in die Appositionsfläche übertreten.

Es wurde früher erwähnt, dass die Kittlinien nicht überall gleich deutlich sind, dass sie manchmal verschmelzen. Dieser Ausdruck bedarf noch einer besonderen Erläuterung. Es ist damit nicht gemeint, dass Kittlinien, welche einmal deutlich vorhanden sind, durch einen secundären Process verschwinden können, es ist damit nur die Thatsache constatirt, dass man beim Verfolgen einer Kittlinie an einem mikroskopischen Durchschnitte dieselbe häufig zwischen Lamellen sich verlieren sieht, so dass man dieselbe gar nicht mehr oder wenigstens nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen vermag (Fig. 26 a_2). Um eine richtige Erklärung dieser Erscheinung zu gewinnen, muss man freie Resorptionsflächen in's Auge fassen, wie sie sich an den von Kölliker[1] beschriebenen Stellen an den Oberflächen der Knochen, häufig aber auch im Innern an den Wänden der Markräume, Spongiosabalken etc. finden. Solche freie Resorptionsflächen verhalten sich genau so, wie diejenigen, welche an Kittlinien

[1] Die normale Resorption des Knochengewebes. Leipzig 1873.

stossen. Man kann aber an den freien Resorptionsflächen verfolgen, wie dieselben allmälig in Knochenoberflächen übergehen, an welchen keine Resorption stattfindet. Solche freie Resorptionsflächen sind am Durchschnitte eines Spongiosabalkens vom *Collum femoris* des Menschen in Fig. 31, Taf. IV abgebildet. *b'*, *c'* und *d'* zeigen Howship'sche Resorptionsgrübchen, welche in sehr prägnanter Weise eine Zerstörung regelmässig geschichteter Lamellen erkennen lassen. Unmittelbar anstossend an den Linien *b*, *c* und *d* ist aber vollständig regelmässig geschichtete von einer gleichmässig gekrümmten Durchschnittslinie begrenzte Knochensubstanz. Würde sich nun auf *bb'*, *cc'* oder *dd'* neue Knochensubstanz ablagern, so würde die Kittlinie nur im Bereiche der Resorptionsfläche deutlich hervortreten können, müsste sich aber gegen die unveränderte Knochenpartie hin verlieren. Immerhin könnte man in diesem Falle möglicher Weise wenigstens eine Spur einer Kittlinie auch an der Fläche, die nicht Resorptionsfläche, sondern nur in Ruhe (aplastisch) war, wahrnehmen. Denkt man sich aber, dass beispielsweise die Fläche *c* in Fig. 31 ohne Unterbrechung fortwächst, während bei *c'* Resorption stattfindet und dass dann endlich auch auf *c'* wieder neues Knochengewebe abgelagert wird, so erhalten wir eine Kittlinie, die ohne jede Spur in der Knochenpartie, deren Wachsthum nie unterbrochen wurde, sich verlieren muss. Dass ein solches Nebeneinander von Resorption und Apposition häufig vorkommt, ist von Kölliker nachgewiesen worden, und ich habe mich von der Richtigkeit dieser Angabe an verschiedenen Ste len überzeugt. Man ersieht also, dass sich das verschiedene Verhalten der Kittlinien mit Hilfe der Resorptionstheorie und nur durch diese befriedigend erklären lässt. Es mag vielleicht nicht ganz gerechtfertigt erscheinen, dass ich hier, wo es sich um thatsächliche Verhältnisse an ausgewachsenen Knochen handelt, bereits die viel bestrittene Resorptionslehre als erwiesene Sache ansehe, allein dieselbe musste herbeigezogen werden, weil sie allein im Stande ist, das Wesen der Kittlinien begreiflich zu machen.

Aus den in diesem Abschnitte erörterten Thatsachen ergibt sich, dass die Knochen des erwachsenen Menschen aus einer Unzahl kleiner Gewebe stücke sich aufbauen, welche von sehr mannig-

faltiger Gestalt und von unebenen, unregelmässigen Flächen begrenzt sind. Dieselben hängen nur theilweise durch Knochenfaserbündel mit einander zusammen; grösstentheils sind sie aber vollständig von einander unabhängig und nur durch einen festen Kitt verbunden. Die Gewebestücke können entweder nach allen Seiten von Resorptionsflächen, oder aber von Anlagerungsflächen, endlich theils von Anlagerungs-, theils von Resorptionsflächen begrenzt sein. Damit erledigt sich auch die Frage nach dem Anfange und dem Ende der Knochenlamellen. Die Flächenausdehnung derselben findet ihre Grenze entweder durch einen allmäligen Übergang in das ungeschichtete Fasergewebe einer Anlagerungsfläche oder durch einen scharfen Schnittrand an einer Resorptionsfläche. Für die geschlossenen Lamellen der Havers'schen Systeme in den Knochen des Erwachsenen ist die Begrenzung durch Anlagerungsflächen fast ausnahmslose Regel, an den Schaltlamellen kommen beide Arten der Endigung fast gleich häufig vor.

Die erste naturgetreue Abbildung der Kittlinien, die mir bekannt ist, findet sich in Kölliker's mikroskopischer Anatomie [1] nach einem mit Terpentinöl behandelten Querschliffe des Oberarmes. Ein Havers'sches Lamellensystem mit abwechselnd hellen und dunklen Lamellen ist von einer Kittlinie umfasst, deren charakteristisch buchtiger Rand sehr genau wiedergegeben ist. Aussen stossen zahlreiche scharf abgeschnittene Schaltlamellen an die Linie. Ausserdem ist, wie dies nicht selten vorkommt, eine zweite Kittlinie im Havers'schen Lamellensysteme selbst und eine ziemliche Anzahl anderer zwischen den angrenzenden Schaltlamellen und eine solche um ein kleineres Havers'sches System zu sehen. Im Texte werden die Linien nicht genauer berücksichtigt.

Sehr ausführlich wurden dieselben von Tomes und De Morgan [2] untersucht und ihre Bedeutung, wenigstens soweit es sich um die Havers'schen Canäle handelt, vollständig erkannt. Die Verfasser weisen nach, dass dort, wo Havers'sche Systeme sich bilden, zuerst weite Räume vorhanden sind, welche von zackig buchtigen Rändern umfasst werden, die ihre Entstehung der Zerstörung von Knochensubstanz verdanken. In diese Räume

---

[1] l. c. p. 284, Fig. 84. Dieselbe Figur findet sich auch in der Gewebelehre, V. Auflage, p. 184, Fig. 133.

[2] l. c. p. 110.

welche Havers'sche Räume genannt werden, erfolgt nun die Ablagerung der Speciallamellen. Das Vorkommen nicht ausgefüllter Havers'scher Räume bis in höhere Lebensalter hinauf wird von den Verfassern ebenfalls constatirt. Die interstitiellen Lamellen werden als Reste Havers'scher Systeme erklärt und ein reger Wechsel von Resorption und Anlagerung bis in's höhere Alter hinauf aus der Knochenstructur erschlossen. Dieser Darstellung folgt Frey[1] und ebenso deutet Kölliker[2] seine früher besprochene Abbildung nunmehr nach den von Tomes und De Morgan gegebenen Aufklärungen.

Allein, so unzweideutig die von Tomes und De Morgan angeführten Resorptionsbilder auch sind und so sehr sie mit den beim cariösen Process auftretenden Zerstörungsbildern Ähnlichkeit haben, so war es doch unmöglich, aus dem mikroskopischen Befunde den stricten Nachweis zu liefern, dass in den Havers'schen Räumen wirklich Knochensubstanz verloren gegangen sei, so lange die eigentliche Structur der Lamellen nicht erkannt war. So sehen wir denn Strelzoff den Kittlinien ganz allgemein eine andere Bedeutung beilegen. Dieser Autor scheint dieselben allerdings nur vom Vogelknochen her zu kennen, wo sie, wegen der dort meist einfach faserigen und nicht lamellösen Structur der Knochen, weniger charakteristisch sind. Strelzoff betrachtet die Kittlinien überall als das Resultat einer zeitweiligen Pause in der Knochenablagerung. Wenn diese Erklärung auch möglicher Weise für die Bildungen, welche Strelzoff[3] als Saftcanälchengeflechte beschreibt, da und dort zulässig sein mag, so ist sie doch völlig unzureichend für die scharf ausgeprägten buchtigen Linien, wie sie von Tomes und De Morgan als Begrenzung der Havers'schen Räume an Menschenknochen aus den verschiedensten Lebensaltern gefunden wurden. Diese Linien scheinen Strelzoff gänzlich unbekannt zu sein, was aus dem Umstande geschlossen werden darf, dass derselbe Kittlinien (Saftcanäle, Strelzoff) und Lamellengrenzen confundirt[4].

Eine für die Natur der Kittlinien sehr charakteristische Erscheinung, nämlich das Verhalten der Knochenkörperchen an der Resorptions- und an der Appositionsfläche wurde, während ich mit diesen Untersuchungen beschäftigt war, bereits von Ranvier[5] aufgefunden, und zwar an Knochenschliffen, an welchen die Canälchen mit unlöslichem Anilinblau angefüllt waren. Ranvier gibt eine Abbildung, die bezüglich der Knochenkörperchen völlig mit der von mir gegebenen (Fig. 27, Taf. III) übereinstimmt, dagegen fehlt die charakteristisch geformte Kittlinie, was wohl daran liegen mag, dass verdünntes Glycerin als Zusatzflüssigkeit benützt wurde.

---

[1] Histologie, p. 243.

[2] Gewebelehre, p. 183, Anmerkung.

[3] l. c. p. 115.

[4] l. c. p. 173.

[5] Archives de Physiologie, II. Serie, Tome II. 1875, p. 16.

V. Von den Sharpey'schen und den elastischen Fasern und vom Baue des Knochengewebes der Kinder.

In den vorhergehenden Abschnitten war beinahe ausschliesslich von lamellöser Knochensubstanz die Rede und wir haben bisher nur im Bereiche der Anlagerungsflächen an den Kittlinien ungeschichtetes Knochengewebe kennen gelernt. Es gibt aber noch eigenthümliche Faserbündel, welche theils die Knochenlamellen durchsetzen, theils selbstständig grössere Gewebemassen zusammensetzen und die als Sharpey'sche Fasern allgemein bekannt sind. Dass diese Fasern jedenfalls in ihrer Hauptmasse verkalkte Bindegewebsbündel sind, ist durch die Untersuchungen von H. Müller, Kölliker und Gegenbaur festgestellt. Doch musste trotz der innigen Beziehungen, welche namentlich Gegenbaur zwischen dem lamellösen Knochengewebe und den Fasern nachwies, immer noch ein gewisser Gegensatz zwischen diesen beiden Gewebebestandtheilen angenommen werden, so lange man in der echten geschichteten Knochensubstanz ein zwar dem Bindegewebe in chemischer Beziehung verwandtes, aber histologisch wesentlich verschiedenes, faserloses, homogenes oder körniges Gewebe sah.

Durch den Nachweis, dass alle Knochensubstanz aus leimgebenden Fibrillen sich aufbaut, fällt auch jeder principielle Gegensatz zwischen Knochenlamellen und Sharpey'schen Fasern fort; setzen sich doch beide aus einem und demselben Elementartheile zusammen. Der sichere Nachweis für die Richtigkeit dieser Auffassung ergibt sich, wenn man die Sharpey'schen Fasern an mit Erhaltung der Structur entkalkten Knochen untersucht. Die Fasern finden sich in ausgewachsenen Röhrenknochen am häufigsten in den äusseren Schalt- und umfassenden Lamellen, ohne jedoch in ihrem Vorkommen constant zu sein. Fertigt man an geeigneter Stelle einen dünnen Querschnitt, so kann man ganz deutlich verfolgen, wie einzelne Fibrillen aus den Faserbündeln verschiedener aufeinander folgender Lamellen nach der Oberfläche des Knochens mehr weniger schief abbiegen, sich zu einem Bündel von 2—10 μ Dicke sammeln, dann schief oder fast senkrecht durch die Lamellen dringen, um

nach kürzerem oder längerem Verlaufe sich entweder abermals in den Lamellen zu verlieren, oder an einer Kittlinie scharf abgebrochen zu endigen oder endlich bis zur Oberfläche des Knochens vorzudringen.

Reisst man die Lamellen an solchen Schnitten auseinander, so kann man die Fasern theilweise isoliren, so dass sie entweder als Bündel oder in Fibrillen aufgefasert frei aus den Lamellen hervorragen (Fig. 23, Taf. III, *c*, *c*, *c*). Man hat in der Profilansicht fast den Eindruck, als würden die Fasern der Knochenlamellen von den durchbohrenden Fasern in ähnlicher Weise unterbrochen, wie durch eine Resorptionslinie. Dies ist jedoch nicht der Fall; die Löcher, durch welche die Fasern gehen, verhalten sich wie die Knochencanälchen, die Fibrillenbündel der Lamellen gehen nämlich beiderseits an ihnen vorbei. — Noch besser als an Durchschnitten lässt sich der Ursprung der durchbohrenden Fasern aus den Lamellen an geschabten Präparaten (Fig. 30, Taf. IV und Fig. 24, Taf. III) erkennen. Untersucht man die Fasern mit dem Polarisationsmikroskop, so erweisen sie sich als positiv einaxig doppeltbrechend und treten an Schnitten dort, wo sie senkrecht zur Faserungsrichtung getroffene Lamellen durchsetzen, ungemein deutlich zu Tage.

Geht aus den angeführten Thatsachen schon hervor, dass die Sharpey'schen durchbohrenden Fasern in der That Bündel leimgebender Fibrillen sind, so wird die Richtigkeit dieser Annahme noch durch das Verhalten derselben gegen Reagentien bestätigt. Behandelt man ein in der angegebenen Weise isolirtes Faserbündel mit Essigsäure oder Natronlauge, so kann man deutlich ein Aufquellen und Unsichtbarwerden der Fibrillen beobachten. Wird die Säure oder das Alkali neutralisirt, so werden die Fibrillen wieder sichtbar, verschwinden aber im Überschusse des Reagens abermals; kurzum, es lassen sich ganz dieselben Erscheinungen wie am echten fibrillären Bindegewebe nachweisen. Behandelt man Schnitte mit den genannten Reagentien, oder macht man Durchschnitte von kurze Zeit gekochtem Knochenknorpel, so treten die Sharpey'schen Fasern ebenso wie die Lamellengrenzen und Kittlinien sehr deutlich hervor. Nimmt man isolirte Fasern, die von Knochen stammen, welche einfach mit Salzsäure ohne Salzzusatz entkalkt wurden, so ist an den-

selben ein Quellen in Säuren und Alkalien nicht mehr zu bemerken. Diese Thatsachen sind es, welche einige Beobachter veranlasst haben, die Sharpey'schen Fasern ganz oder theilweise dem elastischen Gewebe zuzurechnen. Die Erscheinungen an Schnitten lassen die Erklärung zu, dass in verschiedener Richtung quellende Bindegewebsbündel, welche fest mit einander verbunden sind, sich gegenseitig in der Quellung behindern, wodurch einerseits zwischen den Lamellen, andererseits zwischen Lamellen und durchbohrenden Fasern scharfe Grenzlinien entstehen müssen. Was aber die Erscheinung an den isolirten Fasern betrifft, so darf man nicht vergessen, dass nach vorausgehender länger dauernder Säurewirkung die Quellungsfähigkeit des Bindegewebes nicht mehr dieselbe bleibt, wie am frischen Präparate. Dass die isolirten Fasern in Folge länger dauernder Säurewirkung nicht ganz verschwinden, beruht wohl auf der Anwesenheit einer stärker entwickelten Kittsubstanzschichte an ihrer Oberfläche.

Es kann also in diesem Falle die Thatsache, dass die Fasern nach Einwirkung von Essigsäure oder Natronlauge noch sichtbar sind, nicht beweisend für die elastische Natur derselben sein. Wenn man die Fasern mit Natronlauge auf dem Objectträger bis zum Kochen erwärmt, so verschwinden sie mit sammt den Lamellen und Knochenkörperchen vollständig. Durch eine gleiche Einwirkung wird aber echtes elastisches Gewebe nicht zerstört und durch diese Reaction gelingt es, wirkliche elastische Fasern auch im Knochen nachzuweisen. Dieselben finden sich als ein ziemlich dichtes Netzwerk von verästelten, stark glänzenden, an Rissenden rankenförmig gewundenen Fäserchen in den Schichten unmittelbar unter dem Perioste und da und dort in den innersten Lamellen, welche das Lumen Havers'scher Canäle zunächst umgrenzen. Diese Fäserchen gleichen vollkommen den echten elastischen Fasern, wie sie anderwärts sich finden und sind der Längsrichtung der Röhrenknochen parallel gerichtet, biegen aber in der oberflächlichsten Schichte direct ins Periost ab, indem sie die letzten Lamellen fast senkrecht durchsetzen. In den Havers'schen Lamellen haben die Fasern einen theils longitudinalen, theils circulären Verlauf. Ich habe die elastischen Fasern bisher nur an Knochen Erwachsener und

dort vorzüglich an Röhrenknochen (Tibia, Phalangen) gefunden, während ich sie an den platten Schädelknochen vermisste.

Ausser durch kurz dauerndes Kochen in Natronlauge, lassen sich diese elastischen Fasern des Knochens auch durch tagelanges Kochen in Wasser sichtbar machen. Dass es sich bei diesen hier beschriebenen elastischen Fasernetzen des Knochens etwa um Verwechslungen mit dem eigentlichen Periost, das bekanntlich reich an elastischen Fasern ist, handle, ist schon dadurch ausgeschlossen, dass ich zu diesen, sowie überhaupt fast zu allen hier dargelegten Untersuchungen macerirte, vollständig weiss gebleichte Knochen benützte, wie ich sie aus der Anatomie erhielt. Es lassen sich aber die elastischen Fasern, über deren Lage man nach der Behandlung mit kochender Natronlauge doch unsicher bleibt, weil vom übrigen Knochengewebe kaum mehr Spuren zu sehen sind, noch auf eine andere Weise in situ an Schnitten nachweisen, nämlich durch die Tinction mit Fuchsin. Ich habe bereits bei meinen Studien über den Bau der Aorta [1] in diesem Farbestoffe ein ausgezeichnetes Mittel gefunden, um elastische Gebilde deutlich hervortreten zu lassen. Bringt man Knochenschnitte durch 24—48 Stunden in eine sehr verdünnte Fuchsinlösung, so färben sich die elastischen Fasern intensiv roth. Man sieht dann, dass dieselben in der That echten, mit normal ausgebildeten Knochenkörperchen versehenen Lamellen angehören, die theils unmittelbar an der Oberfläche, theils etwas mehr nach einwärts, doch immer im Bereiche der äussersten umfassenden Lamellen liegen. Ebenso sieht man an einzelnen Havers'schen Systemen, jedoch bei weitem nicht an allen, in der innersten Lamelle elastische Fasern. Das übrige Knochengewebe ist nur schwach röthlich gefärbt. Dies gilt jedoch, wie gesagt, nur von Knochen Erwachsener; an Knochen jugendlicher Individuen bemerkte ich Nichts von elastischen Fasern, dagegen zeigte sich dort die merkwürdige Erscheinung, dass gewisse Lamellensysteme genau bis zur Kittlinie durchaus gleichmässig lebhaft roth gefärbt waren, während die übrige Knochensubstanz ungefärbt blieb. Ich erwähne diese Thatsache, weil dieselbe für

---

[1] Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie etc. in Graz. Herausgeg. v. Rollett, 1. Hft. 1870, p. 36.

künftige Studien über Knochenwachsthum von Nutzen zu werden verspricht, da, wie es scheint, nur junges Knochengewebe sich mit Fuchsin leicht färbt, während altes, wenigstens aus verdünnten Lösungen, die Farbe nicht anzieht. Aus dem Angeführten geht hervor, dass die Sharpey'schen Fasern nicht als elastische Fasern erklärt werden dürfen. Die elastischen Fasern zeigen an den wenigen Stellen, wo sie wirklich im Knochengewebe vorkommen, einen Verlauf, der im Allgemeinen mit dem Zuge der Lamellen übereinstimmt.

Nach diesen Bemerkungen über die elastischen Fasern, wollen wir uns wieder den Sharpey'schen Faserbündeln zuwenden.

Das bisher über dieselben Vorgebrachte ist auf Untersuchungen entkalkter Knochen basirt. An Knochenschliffen stellen sich die Faserbündel oft als lufterfüllte Canäle dar, die im Allgemeinen in derselben Richtung wie die Knochencanälchen ziehen, und desshalb, wenn sie dünn sind, mit letzteren verwechselt werden können [1]. Man muss daraus schliessen, dass die Faserbündel unverkalkte Kittsubstanz besitzen und beim Trocknen der Knochen den ursprünglich erfüllten Raum nicht mehr vollständig einnehmen. Merkwürdig ist, dass auch stärkere Faserbündel trotzdem an macerirten Knochen ebenso erhalten bleiben, wie die Knochenfibrillen und nach der Entkalkung sich isoliren lassen. Vielfach sind die Sharpey'schen Fasern verkalkt und sind dann an Schliffen nicht gerade leicht zu sehen. Im Ganzen bilden dieselben in den Knochen des

---

[1] Dies ist mir in der That geschehen und meine Angabe (Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte p. 20, 27 und 36), dass die Scheiden der Knochencanälchen doppeltbrechend wirken, beruht, wie mich neuere, sorgfältige, mit einem vollkommeneren Polarisationsapparate und mit Kenntniss der fibrillären Knochenstructur angestellte Untersuchungen belehrten, auf einem Irrthume. Ich hatte früher vorzüglich nur trockene Knochen untersucht, an welchen sehr dünne unverkalkte Sharpey'sche Fasern den Knochencanälchen täuschend ähnlich sind. Dass ich die doppeltbrechende Wirkung der Scheiden der Knochencanälchen nur selten, aber dann scheinbar ganz deutlich sah, glaubte ich mir durch compensatorische Wirkungen der umgebenden Knochensubstanz erklären zu können.

erwachsenen Menschen einen sehr untergeordneten und inconstanten Bestandtheil und sind namentlich in den Havers'schen Systemen ziemlich selten.

Untersucht man aber die periostalen Ablagerungen an den Knochen eines neugebornen Kindes oder eines Fötus, so ist man erstaunt über die gewaltige Entwickelung eines eigenthümlichen Fasersystems, das gänzlich unabhängig von Knochenlamellen ist. Mannigfach durchflochtene Faserbündel bilden dort einen so überwiegenden Bestandtheil, dass dadurch die Structur der Knochen ein ganz eigenthümliches von jenem älterer Knochen gänzlich verschiedenes Gepräge erhält (Fig. 20, Taf. III).

Betrachtet man einen Querschnitt der Tibia eines Kindes bei schwacher Vergrösserung, so fällt zunächst die grosse Zahl und das relativ weite Lumen der Havers'schen Canäle auf. Die Durchschnitte derselben erscheinen selten kreisrund, meistens länglich oder stark nach einer Richtung verzogen und hängen häufig durch weite Anastomosen unter einander zusammen. Dieses Bild könnte zu der Meinung Anlass geben, dass die Havers'schen Canäle im kindlichen Knochen einen vorwiegend queren Verlauf nehmen. In der That wurde dies auch von Kölliker[1] behauptet; Uffelmann[2] wies jedoch nach, dass die Canäle sich in der Hauptsache wie beim Erwachsenen verhalten. Man überzeugt sich von der Richtigkeit dieser letzteren Angabe an Längsschnitten, und wird finden, dass sich das Querschnittsbild durch Biegungen und häufige Anastomosen der Canäle erklären lässt.

Um die Canäle findet sich zunächst eine helle durchsichtige Knochensubstanz, welche jedoch in einer Zone, die in der Mitte zwischen zwei benachbarten Canälen liegt, einem von zahlreichen unregelmässigen Knochenkörperchen erfüllten, dunklen Gewebe Platz macht, das als zusammenhängendes Balkenwerk zwischen den Havers'schen Canälen durchzieht. Dieses merkwürdige Bild zeigt sich namentlich prägnant an Schliffen mit lufterfüllten Hohlräumen. Untersucht man entkalkten Knochen mit stärkeren Vergrösserungen, so überzeugt man sich leicht, dass das dunkle

---

[1] Mikrosk. Anat. p. 279; Gewebelehre V. Aufl., p. 182 u. 227.

[2] Deutsche Klinik, Bd. XVI, Jahrg. 1864, p. 145.

Balkenwerk durchaus aus ziemlich starken Fibrillenbündeln besteht, welche in den mannigfaltigsten Richtungen sich durchkreuzen und daher bald quer, bald schief, bald der Länge nach getroffen sind. Die Bündel haben einen Durchmesser von 2—27 μ (im Mittel 12—15 μ); sie sind theils durch Scheiden aus Kittsubstanz, theils durch ungeordnete Fibrillen von einander getrennt und die stärkeren Bündel zeigen eine Zusammensetzung aus mehreren kleineren Fascikeln. Zwischen den Bündeln liegen zahlreiche oft abenteuerlich gestaltete oder zu mehreren mit einander zusammenhängende Knochenkörperchen. Sind die anastomosirenden Knochenhöhlen dicht gedrängt, so entstehen dann grössere, buchtige Hohlräume, in welche die Bündeldurchschnitte, sowie kugelförmige Massen ungeordneter Fibrillen in Form von grösseren oder kleineren Kreissegmenten hineinragen. Gegenbaur hat ein ähnliches aus Sharpey'schen Fasern gebildetes Balkenwerk vom Metatarsus des Kalbes beschrieben und mit dem Namen Wurzelstock belegt, welchen Namen wir auch auf das eben beschriebene Gebilde des kindlichen Knochens übertragen können. Vom Wurzelstocke, offenbar dem ältesten Theile des bei Anlage der Havers'schen Canäle gebildeten Knochengewebes, werden die Faserbündel gegen das jüngere Gewebe allmälig zarter und mehr der Länge nach verlaufend und ordnen sich endlich in lamellöse Schichten, die aber selten regelmässig in der Faserungsrichtung wechseln, sondern fast ausschliesslich dem Verlaufe der Havers'schen Canäle folgen. In dieser Knochenpartie liegen Knochenkörperchen in geringerer Zahl und von der regelmässigen aus den Knochen der Erwachsenen bekannten Gestalt. Einzelne Faserbündel des Wurzelstockes treten aber in unveränderter Dicke mitten durch die lamellös gewordene Umgebung der Havers'schen Canäle bis ins Lumen dieser letzteren (Fig. 20 *g, g*). Diese durchbohrenden Fasern sind ziemlich zahlreich und finden sich namentlich massenhaft in den unmittelbar an das Periost grenzenden Knochenschichten, aus welchen sie an die Oberfläche des Knochens treten.

Vergleicht man einen solchen Durchschnitt mit einem Durchschnitte desselben Knochens vom Erwachsenen (Fig. 19, Taf. III), so ist es schwer, in beiden ein und dasselbe Gewebe zu erkennen.

Im kindlichen Periostknochen ist das Sharpey'sche Fasersystem mächtig entwickelt, von Knochenlamellen in der regelmässigen Anordnung wie beim Erwachsenen kaum die ersten Andeutungen. Von Kittlinien, die beim Erwachsenen so zahlreich sind, ist, wenigstens im Bereiche der Diaphysenmitte, fast gar nichts zu sehen, und nur in der Umgebung der Markhöhle finden sich einzelne durch Kittlinien abgegrenzte Havers'sche Systeme von undeutlich lamellöser Structur.

Führt man einen Querschnitt durch die Tibia des Kindes im oberen oder unteren Drittel in der Region, wo endochondral gebildeter Knochen sich findet, so fallen sogleich die Unterschiede zwischen diesem und dem periostalen Knochen ins Auge (Fig. 21, Taf. III). Der endochondral gebildete Knochen besteht ebenfalls aus Balken, welche die Gefässräume (Markräume) umziehen. Das Knochengewebe, das unmittelbar an die Gefässräume angrenzt, ist hier ganz ähnlich beschaffen, wie am periostalen Knochen, dagegen fehlt der Wurzelstock von Faserbündeln in der mittleren Zone gänzlich; an seiner Stelle finden sich spärliche Reste verkalkten Knorpels (Fig. 21 *e*, *e*), die von stark buchtigen Linien von allen Seiten begrenzt sind. Diese Linien, den durch Eröffnung der Knorpelhöhlen entstandenen ursprünglichen Grenzen der Granulationsräume entsprechend, sind vollständige Analoga der früher am Knochen des Erwachsenen beschriebenen Kittlinien. Man kann hier wie dort längs der Linie eine Resorptions- und eine Anlagerungsfläche unterscheiden. Die Resorptionsfläche gehört jedoch hier dem verkalkten Knorpel an, die Anlagerungsfläche dem neugebildeten Knochen. Diese Kittlinien sind aber von den anderwärts zu beobachtenden dadurch auffallend unterschieden, dass die Vorragungen der Anlagerungsfläche nicht niedrige, stark abgeflachte Buckel darstellen, sondern meistens grössere Abschnitte von Kugeln, die mit der Hälfte, Dreivierteln und mehr ihrer Peripherie in die Resorptionsfläche hineingreifen. Die Structur der Anlagerungsfläche zeigt aber nichts wesentlich Eigenthümliches. Die kugeligen Hervorragungen enthalten ungeordnete Fibrillen, welche sich durchflechten, an der Oberfläche aber fast alle radiär gerichtet in der Kittsubstanz sich verlieren. Die Kugeln sehen daher ziemlich gleichmässig punktirt aus. Aus diesen Fibrillen sammeln sich dann

dünne Fäserchen, welche in das undeutlich lamellöse fast rein parallelfaserige Gewebe, das die Markräume umgibt, übergehen. Die Knochenkörperchen sind an der Anlagerungsfläche irregulär, weiterhin aber von dem bekannten, regelmässigen Verhalten.

Da die Knorpelreste am Querschnitte nicht überall zusammenhängen, so verschmelzen die Kittlinien von Stelle zu Stelle vollständig und die Knochenbalken bestehen dann ausschliesslich aus parallelfaserigem, undeutlich geschichtetem Gewebe. Die Faserung ist an solchen Balken in der Mitte meist transversal, an den Seiten aber longitudinal (Fig. 21, zwischen *b* und b_4). Da und dort finden sich bereits secundäre Kittlinien und buchtige, die Fasern anschneidende Resorptionsränder.

Der endochondrale Knochen ist entweder durch eine Kittlinie (ehemalige äussere Resorptionsfläche des Knochens) vom periostalen scharf abgesetzt oder es gehen die endochondralen Balken in die periostalen Balken direct über, indem sich das Gewebe des Wurzelstockes in die Fortsetzung eines parallelfaserigen endochondralen Knochenbalkens einschiebt. In der Nähe des Ossificationsrandes der Diaphyse liegt der endochondral gebildete Knochen direct am Periost und ist dort oft in beträchtlicher Ausdehnung von einer Resorptionsfläche begrenzt (Taf. III, Fig. 21 *a, a*), welche am Durchschnitte durch die charakteristischen, die normale Knochenstructur unterbrechenden Buchten und Zacken in nicht zu missdeutender Weise gekennzeichnet ist.

Überblickt man die über den Bau der Tibia des Neugebornen mitgetheilten Thatsachen, so ergeben sich wesentliche Differenzen in der Structur kindlicher und ausgewachsener Röhrenknochen. In letzteren findet sich überall, mit Ausnahme der Anlagerungsflächen und der wenig entwickelten Sharpey'schen Fasern, eine Anordnung der Knochenfibrillen in Lamellen, ferner eine Zerfällung des ganzen Knochens durch Kittlinien in zahlreiche von einander mehr weniger unabhängige Gewebeinseln: die verschiedenen Lamellensysteme. Im kindlichen Knochen dagegen bildet ein Netzwerk von gröberen Faserbündeln die Grundlage der periostalen Knochenbalken; deutliche Lamellen, wenigstens solche mit regelmässig wechselnder longitudinaler und circulärer Faserung, sind nirgends entwickelt; von Lamellensystemen, die überall durch Kittlinien abgegrenzt sind, ist noch nichts zu sehen

und nur an den wenigen früher erwähnten Stellen und im endochondralen Knochen sind Resorptionslinien sichtbar. Kennt man einmal diese Structurverschiedenheiten, so wird man jeden Gedanken an einen genetischen Zusammenhang zwischen dem fœtalen Knochengewebe des Kindes und dem Knochen des Erwachsenen aufgeben müssen, denn selbst der heftigste Gegner der Resorptionstheorie wird kaum die Behauptung wagen wollen, dass ein ziemlich grobes, in mannigfacher Richtung sich durchkreuzendes Netzwerk verknöcherter Faserbündel durch Intussusceptionswachsthum in einen Knochen sich umwandeln könne, der aus übereinander liegenden regelmässigen Schichten in Lamellen geordneter dünner Faserbündel besteht. Es bleibt kein anderer Ausweg, als anzunehmen, dass der ursprüngliche fœtale Knochen durch Resorption zerstört und durch eine Neubildung ersetzt wird.

Die fœtale Knochenstructur bleibt nur kurze Zeit; die Details zu untersuchen, wie dieselbe verschwindet, lag ausser dem Plane dieser Arbeit. An der Tibia eines 3½jährigen Kindes war bereits nichts mehr von der fœtalen Structur zu sehen, der Knochen hatte bereits das Ansehen, wie beim Erwachsenen; die lamellöse Structur, die Abgrenzung der Lamellensysteme durch Kittlinien, zeigte sich ganz exquisit, nur da und dort fanden sich im Bereiche der Diaphysenmitte nahe der Markhöhle und allseitig von Resorptionslinien umgeben, kleine Inseln von Knochensubstanz, die denselben Bau zeigten, wie der Wurzelstock der fœtalen Periostbalken. Die Structur, wie sie den Knochen des Erwachsenen zukommt, bildet sich also schon sehr früh und ich wüsste einen wesentlichen Unterschied, die Abwesenheit der elastischen Fasern ausgenommen, zwischen der Grundsubstanz der Röhrenknochen jugendlicher und älterer Individuen nicht anzugeben. Dagegen zeigen die Havers'schen Canäle jüngerer Individuen einige bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten, die noch einer weiteren Untersuchung bedürfen. An ausgewachsenen Röhrenknochen sind die Havers'schen Canäle fast ausnahmslos von Speciallamellen umgeben und nur selten zeigen sich, die Markräume der Spongiosa ausgenommen, Resorptionsflächen als Begrenzung der Gefässräume. An der Tibia eines 6jährigen und eines 14jährigen Individuums fand ich da-

gegen gar nicht selten auch im Bereiche der Diaphysenmitte unausgefüllte Havers'sche Räume. (Resorptionsflächen an Havers'schen Canälen.) Ausserdem fanden sich an manchen Stellen ziemlich zahlreich ganz dünne, nur 10—30 μ weite Gefässcanäle, die theils von der Markhöhle, theils vom Perioste, theils von grösseren Havers'schen Canälen abgehen und ohne von Speciallamellen umgeben zu sein, innere und äussere Grund- und Schaltlamellen in den verschiedensten Richtungen durchbohren. Nur an einzelnen dieser Canäle sieht man eine Speciallamellenschicht von äusserst geringer Mächtigkeit. Diese Canäle dringen manchmal fast senkrecht zur Längsrichtung in den Knochen, so dass derselbe streckenweise von queren Canälen durchzogen erscheint. Betrachtet man die Canäle dort, wo sie der Länge nach getroffen sind, genauer, so findet man die Wand derselben von zackigen Linien begrenzt, die meistens wie gewöhnliche Resorptionsflächen aussehen. Manchmal aber wechseln zwar ebenfalls spitze Zacken und rundliche Buckel, die sich jedoch gerade umgekehrt wie an den Resorptionsflächen verhalten, indem die Convexität der Buckel gegen das Lumen des Canals, die Zacken dagegen als trichterförmige Hohlräume in die Knochensubstanz einspringen. Buckel und Zacken sind jedoch immer weit weniger ausgebildet als an grossen Resorptionsflächen. Gefässcanäle von der beschriebenen Beschaffenheit hat bereits R. Volkmann [1] bei rareficirender Ostitis, bei einer Reihe von anderen Knochenkrankheiten und beim normalen Knochenwachsthum gesehen und ihnen, wie ich glaube, auch die richtige, allein zulässige Deutung gegeben. Die Thatsache, dass die Canäle die normale Knochenstructur durchbrechen, lässt mich mit R. Volkmann annehmen, dass es sich um ein Hereinwachsen von Blutgefässen in fertigen Knochen, um eine Vascularisation ursprünglich gefässloser Knochentheile handle. Erweitern sich solche Gefässcanäle durch weitere Resorptionsvorgänge an ihren Wänden, so entstehen dann secundäre Havers'sche Räume, die dann schliesslich von Speciallamellensystemen ausgefüllt werden können. Ich zweifle nicht, dass viele

[1] Langenbeck's Archiv, Bd. IV, p. 462; Handbuch der Chirurgie von Pitha und Billroth, Bd. II, 2. Abtheil., p. 257.

Havers'sche Lamellensysteme auf diese Weise und nicht aus schon ursprünglich bei der periostalen Knochenanbildung ausgesparten Gefässcanälen entstehen. Wenn auch diese Annahme nur durch specielle Studien über Knochenwachsthum völlig sichergestellt werden kann, so glaube ich doch, dass sie durch genaue Würdigung der Knochenstructur allein schon in hohem Grade wahrscheinlich wird.

Im Hinblicke auf die in diesem und in den vorigen Abschnitten erörterten Befunde, können wir nun den Satz aufstellen, dass die leimgebende Fibrille der einzige sich überall gleichbleibende Formbestandtheil der Knochengrundsubstanz ist, dass aber die aus diesem Elementartheile sich zusammensetzenden Formbestandtheile höherer Ordnung grosse Mannigfaltigkeit zeigen. Die Fibrillen können erstens ungeordnet sein, wie in den Anlagerungsflächen an den Kittlinien, zweitens zu Bündeln zusammentreten. Die Bündel können in ihrer Dicke bedeutend variiren. Die Bündel feinerer Art können Lamellen zusammensetzen oder sie können ein einfach parallelfaseriges Gewebe (Grenze des Wurzelstockes am kindlichen Periostknochen) darstellen, oder aus Lamellen hervorgehend, letztere durchsetzen. Die Bündel gröberer Art bilden niemals Lamellen, können aber für sich eine Form des Knochengewebes darstellen, indem sie sich in verschiedenen Richtungen durchflechten (Wurzelstock des kindlichen Periostknochens).

Alle diese Gewebeformen existiren neben einander und stehen mit einander in keinem genetischen Zusammenhange, sondern sind sämmtlich als einander coordinirte Varietäten fertigen Knochengewebes zu betrachten, da die leimgebenden Fibrillen in ihrer eigenthümlichen Anordnung überall vollständig erkennbar sind. Damit ist übrigens nicht gesagt, dass einmal differenzirte leimgebende Fibrillen nicht durch Intussusception noch weiter wachsen können, was freilich bei der stets enormen Feinheit dieser Gebilde schwer zu ermitteln sein wird. Das aber darf wohl mit Bestimmtheit ausgesprochen werden, dass ein Gewebe, dessen Fibrillen nach einem gewissen Typus angelegt

sind, durch Wachsthum diesen Typus nicht mehr verlieren kann. So wird z. B. Knochengewebe mit groben, geflechtartig angelegten Bündeln niemals in Knochengewebe mit feinen lamellös angeordneten Bündeln sich umwandeln.

Es wäre bei der principiellen Wichtigkeit dieser Auffassung vielleicht zweckmässig, alle die verschiedenen, früher geschilderten Formen des Knochengewebes mit eigenen Namen zu belegen. Es wird jedoch genügen, die beiden am schärfsten charakterisirten Typen, wie sie uns einerseits im Knochen des Erwachsenen in den Lamellensystemen, andererseits im fœtalen und kindlichen Knochen in dem Wurzelstocke der periostalen Knochenbalken entgegentreten, als lamellöses und geflechtartiges Knochengewebe zu unterscheiden. Ich vermeide absichtlich für die letztere Gewebeform den Namen fœtales Knochengewebe, einmal, weil bereits beim Kinde neben dem geflechtartigen auch undeutlich lamellöses Knochengewebe vorkommt, vorzüglich aber desshalb, damit der Name nicht der irrigen Vorstellung Nahrung gebe, die eine Gewebeform sei ein Entwickelungsstadium der anderen.

Weit sorgfältiger als die Knochenlamellen sind die Sharpey'schen Fasern untersucht, und wurde bereits von H. Müller[1] erkannt, dass dieselben theils verkalkte, theils unverkalkte Bindegewebsbündel sind und dass die Bildung derselben der Anlagerung der Knochenlamellen vorhergeht. Kölliker[2] erklärt die Sharpey'schen Fasern ebenfalls als theils verkalkte, theils unverkalkte Bindegewebsbündel. Lieberkühn[3] ging offenbar zu weit, wenn er die Bedeutung der groben Faserbündel so ausdehnte, dass er allem sogenannten Bindegewebsknochen eine ursprüngliche Zusammensetzung aus Bündeln, wie sie in der Sehne vorkommen, zuschrieb. Er wurde zu diesem Ausspruche namentlich durch die Structurverhältnisse des kindlichen Scheitelbeines veranlasst, das allerdings wie die Periostbalken der fœtalen Röhrenknochen ein reich entwickeltes Netzwerk aus Faserbündeln enthält. Nur die Unkenntniss der eigentlichen Natur der Knochenlamellen macht die bei Lieberkühn auch bezüglich des Verknöcherungsprocesses der Vogelsehne[4] zu Tage tretende Auffassung begreiflich, dass ein sehnenähnliches Gewebe sich in lamellösen Knochen direct umwandeln soll.

---

[1] Würzburger naturw. Zeitschft. Bd. I u. Bd. IV.

[2] Würzb. naturw. Zeitsch. Bd. I, p. 306. Histologie, V. Aufl. p. 187.

[3] Monatsberichte der Berliner Akademie, 1861. p. 517.

[4] Archiv f. Anatomie, 1860, p. 824.

R. Maier[1] sieht alle Sharpey'schen Fasern als elastische Fasern an; aus seiner Darstellung ergibt sich jedoch, dass er die seltenen, echten elastischen Fasern des Knochens, die H. Müller schon kannte, nie sah, sonst hätte er sich überzeugen müssen, dass das, was er als solche beschrieb und abbildete, nur Bündel leimgebender Fibrillen sind. Gegenbaur[2] stimmt im Wesentlichen mit H. Müller bezüglich der Natur der Sharpey'schen Fasern überein und beschreibt die Anordnung der Faserbündel in den fœtalen Schädelknochen und im Metatarsus des Rindes, wo die Faserbündel den sogenannten Wurzelstock bilden, der in der Mitte der periostalen Balken gelegen nach rechts und links durchbohrende Fasern abgibt. Da Gegenbaur, wie alle früheren Autoren, durch Entkalkung mehr weniger gequollene Knochen untersuchte, so blieb seine Kenntniss des fœtalen Knochens natürlich eine in vieler Beziehung unvollkommene. Die eigenthümlichen Bündelnetze in fœtalen Knochen kennen auch Waldeyer[3] und Landois[4]. Gegenbaur kommt auf Grund seiner Beobachtungen über die Sharpey'schen Fasern zu dem Schlusse, dass Bindegewebe für sich allein Knochen bilden könne oder theilweise als Grundlage für andere Knochensubstanz diene. Eine besondere Erwähnung verdienen die von Gegenbaur sogenannten Knochenkugeln, die sich im periostalen Knochen finden. Dieselben sind zum Theile wohl das, wofür sie Waldeyer und Lieberkühn ausgeben, nämlich Durchschnitte von Faserbündeln, wie man sie halbkreisförmig vorspringend in unregelmässig anastomosirende Knochenhöhlen (Interglobularräume) auch in den periostalen Balken auf meiner Fig. 20, Taf. III, freilich hier wenig deutlich hervortretend, sehen kann. Theilweise springen aber wirklich halbkugelige Massen gegen die anastomosirenden Knochenhöhlen vor, die von ähnlicher Structur sind, wie sie das Knochengewebe an Anlagerungsflächen zeigt. Endlich gibt es auch endochondral gebildete Knochenkugeln, die sich direct in periostal gebildeten Knochen fortsetzen, oder durch eine periostale Resorptionsfläche blosgelegt wurden.

Was den Bau des endochondral gebildeten Knochens anlangt, so muss ich hier einige Punkte hervorheben, die, namentlich mit Rücksicht auf die in neuerer Zeit zwischen Kölliker[5] und Strelzoff[6] geführten Discussionen, von Wichtigkeit sind. Strelzoff behauptete, dass dort, wo endochondral gebildeter Knochen an den Diaphysenenden direct am Periost liege, niemals periostaler Knochen vorhanden gewesen sei, während

[1] Virchow's Archiv, Bd. XXVI, p. 358.

[2] Jenaische Zeitschr. f. M. u. Naturw. Bd. 3, p. 232.

[3] Arch. f. mikrosk. Anatomie, Bd. I, p. 354.

[4] Centralblatt f. med. W. 1865, p. 241.

[5] Die normale Resorption des Knochengewebes. Leipzig 1873 und Verh. der med. Ges. in Würzburg. 1873. V. Bd.

[6] Über Histogenese der Knochen. Eberth's Unters. aus dem pathol. Institut zu Zürich. 1. Hft. 1873.

Kölliker an solchen Stellen eine Resorptionsfläche sieht. Ich muss mich entschieden der Ansicht Kölliker's anschliessen, der auch Heuberger[1] und Steudener[2] beistimmen. Durchschnittsbilder, wie das Taf. III, Fig. 21, gezeichnete, lassen nicht den geringsten Zweifel, dass hier endochondraler Knochen verloren gegangen ist. Eine weitere Bemerkung verdienen die von Strelzoff[3] sogenannten interstitiellen Halbmonde, welche sich angeblich zwischen den Rest des verkalkten Knorpels und den bereits angelagerten Knochen einschieben und so den Knorpelrest verdrängen sollen. Ich habe das, was Strelzoff beschreibt, nicht gesehen und bezweifle auch die Existenz der Halbmonde, deren Entstehung nach der von Strelzoff gegebenen Darstellung mir auch völlig räthselhaft blieb. Ich glaube, dass sich Strelzoff dadurch hat täuschen lassen, dass er gekrümmte Linien, welche entstehen, wenn kugelige Knochenmassen schief abgeschnitten werden, für eine wirkliche Grenze übereinander liegender Knochenschichten ansah. (Vergl. Fig. 21 *d*, *d.d*,..)

Die oben gegebene Darstellung über die Vascularisation von Knochen durch Gefässe, welche sich in die Lamellen einbohren, stimmt völlig mit der von R. Volkmann überein; befindet sich aber in Widerspruch mit den Ansichten von Rindfleisch[4] und Lossen[5], welche ähnlich wie Virchow die Knochenresorption überhaupt, die Bildung dieser Canäle von den Knochenzellen ausgehen lassen. Da ich jedoch ebensowohl an den durchbohrenden Gefässen, wie ich die von Volkmann entdeckten Bildungen nennen will, als an den Resorptionsflächen die benachbarten Knochenkörperchen niemals in auffälligen Formveränderungen begriffen sah, so muss ich in dem einen wie in dem anderen Falle sie als völlig unbetheiligt bei dem Vorgange ansehen. Die durchbohrenden Gefässcanäle, welche ich auch an Rinder- und Vogelknochen sehr schön sah, verdienten ein specielles Studium, da sie bisher wesentlich nur von Seite der pathologischen Anatomie beachtet wurden. Was übrigens Lossen mit den von Volkmann gesehenen Gefässcanälen identificirte, scheint nicht Alles hieher zu gehören. Ich glaube vielmehr, dass es sich bei den von Lossen abgebildeten Präparaten grossen Theils um die früher erwähnten Interglobularräume mit Knochenkugeln handelt[6], welche mitunter wirklich kolossale Dimensionen annehmen können. Damit stimmt auch die Form der Begrenzung der Räume mit nach innen vorspringenden Buckeln. Solche Verwechslungen sind um so eher möglich, als Lossen ausschliess-

---

[1] Verhandl. der Würzburger physik.-med. Gesellschaft. N. F. VIII. Bd. 1874.

[2] Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. XIII. 1875.

[3] l. c. p. 36.

[4] Pathologische Gewebelehre, 2. Aufl., p. 520; 4. Aufl., p. 512.

[5] Virchow's Archiv, Bd. LV, p. 45. Über Rückbildung des Callus.

[6] l. c. Taf. IV, Fig. 2—10.

lich trockene Knochen untersuchte. Vielleicht hat auch R. Volkmann perforirende Gefässe und solche Interglobularräume nicht strenge auseinander gehalten. Ich finde in der Regel die Begrenzung der perforirenden Gefässe eben so beschaffen, wie die wahren Resorptionsflächen, ausnahmsweise jedoch sehe auch ich die Buckel nach innen und die Zacken nach aussen, und es lässt dann nur mehr die Thatsache, dass der Canal normale Knochenstructur unterbricht, auf seine Bildungsweise schliessen.

Sehr bestimmte Angaben über die Neubildung von Blut und Blutgefässen aus Knochenzellen hat in neuerer Zeit C. Heitzmann [1] gemacht, doch habe ich aus seiner Darstellung nicht die Überzeugung gewinnen können, dass die beschriebenen Bildungen unabhängig von präexistirenden Blutgefässen entstehen.

VI. Vom Baue der Knochen und der verknöcherten Sehnen der Vögel nebst Bemerkungen über das Zahnbein.

Eine eingehende Darstellung meiner Erfahrungen über den Bau der Säugethierknochen glaube ich unterlassen zu dürfen, da ich im Wesentlichen nur die an den menschlichen Knochen erörterten Thatsachen zu wiederholen hätte. Nur das will ich hervorheben, dass ich an den Phalangen des Kalbes zehr schön beobachten konnte, wie zunächst von der Markhöhle her allmälig das geflechtartige Knochengewebe, das die ersten Periostbalken zusammensetzt, durch lamellöses Knochengewebe ersetzt wird. Ich konnte zwei durch eine Kittlinie scharf von einander gesonderte Zonen am Querschnitte beobachten, von welchen die innere aus deutlich lamellösen, die äussere aus geflechtartigem Knochengewebe besteht, das sich bis ins Periost fortsetzt; im Innern aber auch bereits einzelne durch Kittlinien umgrenzte Havers'sche Systeme mit deutlich lamellösem Gewebe zeigt. An kindlichen Knochen dieselbe Beobachtung zu machen, gelang mir nicht, da ich eine Auswahl von Knochen aus den ersten Lebensjahren nicht zur Verfügung hatte.

Einer eingehenderen Betrachtung soll das Knochengewebe der Vögel unterzogen werden, da dasselbe sich wesentlich anders verhält, als dasjenige der Säugethiere. Meine Untersuchungen beziehen sich übrigens nur auf zwei Repräsentanten

---

[1] Wiener medicinische Jahrbücher. Jahrg. 1873, II. Hft., p. 182.

der Classe, nämlich auf die Taube und das Huhn, und ich kann daher nicht verbürgen, wie weit die folgenden Mittheilungen über Knochenstructur für alle Vögel Giltigkeit haben.

Betrachtet man einen Querschnitt aus der Mitte einer in salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkten Tibia eines alten Hahnes (Fig. 29, Taf. IV), so fallen zunächst die zahlreichen fast immer quer durchschnittenen und sehr engen Havers'schen Canäle auf. In einiger Entfernung vom Lumen sieht man, aber bei weitem nicht so deutlich, wie an den Säugethierknochen, eine schwach buchtige, in Form einer geschlossenen Curve verlaufende Linie, welche offenbar der ein Havers'sches Lamellensystem abgrenzenden Kittlinie eines Säugethier- oder Menschenknochens entspricht. Solche Kittlinien sind im äusseren Theile des Knochens sehr zahlreich und stossen gewöhnlich unmittelbar aneinander, ohne durch interstitielle Inseln von Knochensubstanz getrennt zu sein. Untersucht man nun die Knochensubstanz genauer, so vermisst man fast überall die lamellöse Structur. Man sieht vielmehr die ganze, einem Havers'schen Systeme entsprechende Knocheninsel aus lauter kleinen polygonalen Feldchen von im Mittel etwa 3 μ Durchmesser zusammengesetzt, welche, wie der Längsschnitt ergibt, Durchschnitten von Fibrillenbündeln entsprechen. Die Fibrillen jedes Bündels markiren sich bei Untersuchung mit Syst. VII oder IX Hartnack deutlich als Punkte. Die Fibrillenbündel des Vogelknochens treten also in den Havers'schen Systemen nicht zu Lamellen zusammen, sondern verbinden sich nach allen Seiten gleichmässig mit einander, so dass also am Querschnitte keine Richtung durch grössere Cohäsion oder Spaltbarkeit des Gewebes ausgezeichnet ist. Untersucht man geschabte Präparate, so zeigen sich die Fibrillenbündel von derselben Beschaffenheit, wie beim Menschen, nur sind sie stets unter äusserst spitzem Winkel, etwa wie in Fig. 8, Taf. I, mit einander verwebt, während die beim Menschen so häufige Durchflechtung mit Bildung breiterer rhombischer Maschen nicht vorkommt. Die Bündel sind ausserdem nach allen Seiten gleichmässig mit einander verwebt, von Lamellenbildung ist daher hier gar keine Rede. Dem entsprechend ist auch die Anordnung der Knochenkörperchen eine andere. Sie sind nicht, wie im Säugethierknochen, reihenweise dem Lamellenzuge

gemäss gerichtet, sondern mehr unregelmässig vertheilt. Die Körperchen sind ferner nicht nach einer Seite entschieden abgeplattet und ebenso wenig gehen ihre Ausläufer in einer bestimmten Richtung, sondern verlieren sich nach allen Seiten zwischen den Fibrillenbündeln. (Vergl. Fig. 29, Taf. IV und Fig. 19, Taf. III.) An Längsschliffen und -Schnitten gehen die Knochencanälchen allerdings stets fast senkrecht zur Axe des Körperchens ab, und das Längsschnittbild ist daher dem des Säugethierknochens ziemlich ähnlich, doch wird man entsprechend dem Querschnittsbilde des Vogelknochens niemals Profil- und Flächenbilder von so exquisiter Form, wie sie in Fig. 2 und 3, Taf. I, vom Menschen dargestellt sind, zu sehen bekommen, sondern einander durchwegs ähnliche Ansichten von Knochenkörperchen, die eine Mittelform der beiden erwähnten extremen Längsschnittbilder des Säugethierknochens darstellen. Wir haben also in der Hauptmasse des periostal gebildeten Vogelknochens ein Gewebe vor uns, das einen Typus repräsentirt, der uns allerdings bereits in den foetalen und kindlichen Knochen des Menschen als Übergang zwischen geflechtartigem und lamellösem Knochen entgegentrat (Fig. 20 *h*, Taf. III), aber dort wegen seines sehr beschränkten Vorkommens nicht weiter berücksichtigt wurde. Als der Masse nach vorwiegendster Theil des Vogelknochens soll dasselbe aber jetzt wegen seiner Verschiedenheit vom lamellösen und geflechtartigen Knochengewebe einen eigenen Namen erhalten. Das Gewebe erinnert einigermassen an die Sehnen, doch sind die Fibrillenbündel von grosser Feinheit und alle gleichwerthig; eine Gliederung in primäre und secundäre Bündel, so wie einscheidende Faserzüge fehlen. Grösser ist die Ähnlichkeit mit gewissen Bindegewebsknorpeln, doch zeigen auch diese, abgesehen von der unverkalkten Kittsubstanz, noch ein Unterschied in der Dicke und Anordnung der Bündel etc. Es empfiehlt sich daher nicht ohne weiteres etwa nach diesen Bindegewebsformen den Namen zu wählen, um so weniger, als wir in den verknöcherten Sehnen wirklich sehnenähnliches Knochengewebe kennen lernen werden, und ich ziehe den Ausdruck parallelfaseriges Knochengewebe vor, weil er, wie ich glaube, scharf genug den Unterschied vom geflechtartigen und lamellösen Knochen hervorhebt.

Nicht der ganze Röhrenknochen besteht aus parallelfaserigem Gewebe. An den Kittlinien finden sich auf der Seite der Anlagerungsfläche meistens Faserzüge, die aus ungeordneten Fibrillen sich sammelnd, entweder längs der Kittlinie mehr weniger weit hinziehen oder zwischen die senkrecht durchschnittenen Faserbündel eindringen. (Fig. 29, Taf. IV.) In der unmittelbaren Umgebung der Havers'schen Canäle zeigen sich sogar Ansätze zur Lamellenbildung. Es wechseln circulärlaufende Faserzüge mit longitudinalen, und in den letzteren zeigt sich da und dort eine von regelmässiger Orientirung der Knochencanälchen und der Fibrillenbündel herrührende Strichelung, wie sie für die punktirten Lamellen des Säugethierknochens charakteristisch ist. Die Erscheinungen unter dem Polarisationsmikroskope sind am periostalen Vogelknochen ganz so, wie man sie nach der Anordnung der leimgebenden Fibrillen erwarten muss. Doppeltbrechende Stellen finden sich am Querschnitt im Allgemeinen nur längs der Kittlinien und in der Nähe der Havers'schen Canäle, wo auch da und dort die bekannten Kreuze, aber stets nur schlecht entwickelt zu sehen sind.

Die an die Markhöhle angrenzende Partie der Diaphyse zeigt fast stets ein Gewebe, das nicht parallelfaserig ist. Dasselbe ist durch eine Kittlinie vom periostalen Knochen abgegrenzt und besteht aus flächenartig angeordneten Faserzügen, welche sich von den umfassenden Lamellen der Säugethierknochen, durch ihre häufigen Anastomosen unterscheiden. (Fig. 29, Taf. IV *a*.) Die Faserzüge laufen theils circulär, theils longitudinal und sind offenbar secundär auf eine innere Resorptionsfläche aufgelagert. Die Dicke dieser Schichte wechselt und kann dieselbe auch ganz fehlen. An der Oberfläche des Röhrenknochens reicht die parallelfaserige Structur häufig bis ans Periost, da und dort sind auch hier ähliche Bildungen zu treffen wie in der Umgebung der Markhöhle.

Es wurde früher erwähnt, dass die Kittlinien des Vogelknochens am Querschnitte nicht so deutlich hervortreten, wie an menschlichen Knochen. Dies rührt eben davon her, dass die Unterbrechung der Knochenstructur in einem Gewebe, das grösstentheils aus parallelen Faserbündeln besteht, sich nicht auffällig bemerkbar machen kann, wenn eben die Faserbündel

senkrecht durchschnitten sind. Fertigt man aber Längsschnitte an, so sieht man an der einen Seite der Kittlinien (den Resorptionsflächen entsprechend) die Faserbündel scharf abgeschnitten, während sie auf der anderen Seite (den Anlagerungsflächen) sich in ungeordnete Fibrillen auflösen, welche sich in der die Buchten der Resorptionsfläche ausfüllenden Kittmasse verlieren.

Untersucht man Knochen junger Thiere, so findet man an denselben theilweise bereits das parallelfaserige Gewebe entwickelt, im Periostknochen tritt ein Sharpey'sches Fasersystem, aus ziemlich schwachen Bündeln bestehend, auf, das die longitudinal laufenden Faserbündel durchsetzt, so dass also zwei sich rechtwinkelig kreuzende Fasersysteme, von denen das eine radiär, das andere longitudinal verläuft, nebeneinander bestehen. Geflechtartiges Gewebe von dem Typus wie es im kindlichen Knochen sich findet, scheint in den Vogelknochen nicht vorzukommen, doch sind meine Beobachtungen zu wenig ausgedehnt, um dies mit Bestimmtheit behaupten zu können. Eigenthümliche breite, anastomosirende, bindegewebartige Faserzüge wurden in den Deckknochen des Schädels bei Hühnerembryonen bereits von Gegenbaur[1] beschrieben.

Ich will mich mit den an diesem Objecte zu beobachtenden Eigenthümlichkeiten nicht aufhalten, sondern mich zu einem Gegenstande wenden, der wegen des grossen theoretischen Interesses, den derselbe für die Frage nach den Beziehungen zwischen Knochen- und Bindegewebe hat, schon mehrfach eingehender untersucht wurde. Ich meine nämlich die typisch-verknöchernden Sehnen an der unteren Extremität der Vögel. So sehr meine thatsächlichen Beobachtungen mit denjenigen Lieberkühn's[2] übereinstimmen, so ist es doch durchaus nöthig, eine neue Darstellung vom Baue der verknöcherten Sehne zu geben, weil Lieberkühn sich von der sicherlich unrichtigen Annahme leiten liess, dass Sehnengewebe unter allmäliger Umbildung der Structur in Knochen umgewandelt werde. Diese Annahme führte dazu, dass die Thatsachen in einem Zusammenhange vorgebracht wurden, der in Wirklichkeit nicht besteht.

---

[1] Jenaische Zeitschrift, III. Bd., p. 206.

[2] Archiv für Anat. u. Physiol. 1860, p. 824.

Führt man durch die Mitte einer mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkten verknöcherten Sehne eines ausgewachsenen Huhnes einen Querschnitt, so erhält man folgendes Bild: Um die ziemlich zahlreichen Querschnitte von Gefässcanälen findet sich zunächst ein Gewebe, das sich in keiner Weise von dem parallelfaserigen Knochengewebe unterscheidet, welches früher als Hauptbestandtheil der Röhrenknochen der Vögel beschrieben wurde. (Fig. 28, Taf. IV.) Hier wie dort zeigen sich 2—4 μ. grosse polygonale punktirte Feldchen, welche den Durchschnitten von Faserbündeln entsprechen; unmittelbar angrenzend an das Lumen der meist sehr engen Gefässcanäle finden sich auch hier Spuren von Lamellenbildung. (Fig. 28 *a, b, c, d.*) Diese Form des Knochengewebes bildet Inseln von rundlich polygonalem Umriss und etwa 70—160 μ. Durchmesser, die theils völlig selbständig sind, theils untereinander zusammenfliessen. Da und dort, im Ganzen ziemlich selten, sieht man eine kleine Gewebepartie in der Umgebung eines Havers'schen Canales durch eine Kittlinie abgegrenzt. (Fig. 28 *b.*) Einen wesentlich anderen Charakter zeigt aber das Gewebe, das die Zwischenräume zwischen den eben beschriebenen Gewebeinseln aus parallel faserigem Knochengewebe ausfüllt. Hier finden sich dicke, 8—22 μ., im Mittel 11—15 μ. starke Faserbündel, welche häufig eine Zusammensetzung aus feineren Bündeln erkennen lassen. (Fig. 28 *f, f.*) Die dicken Faserbündel sind theils in Gruppen vereint, theils einzeln durch ziemlich weite Zwischenräume getrennt, in welchen sich horizontal laufende, einscheidende Faserzüge und Knochenkörperchen ähnliche Bildungen erkennen lassen. Wir haben also hier eine Textur vor uns, die sehr an das Gewebe der Sehnen erinnert, sich jedoch immerhin merklich von demselben unterscheidet. Eine deutliche Gliederung in primäre, secundäre und tertiäre Bündel, wie sie sich an echten Sehnen und auch an dem nicht verknöcherten Theil der in Rede stehenden Vogelsehnen findet, namentlich so starke secundäre Bündel lassen sich hier nicht unterscheiden. Untersucht man Längsschnitte, so treten an denselben die dicken parallelen Bündel sehr stark hervor und die einscheidenden Faserzüge werden erst jetzt recht deutlich. In den Zwischenräumen zwischen den feinsten Bündeln bemerkt man da und dort spin-

delförmige Figuren von der gewöhnlichen Form der Knochenkörperchen, wie sie im parallelfaserigen Knochengewebe um die Havers'schen Canäle sich finden, zwischen den grösseren Bündeln aber lange Reihen viereckiger oder unregelmässiger Hohlräume, welche in der Längsrichtung nur durch wenig Zwischensubstanz von einander getrennt sind, und die bereits von Lieberkühn beschriebenen Plättchen enthalten. Mit erwärmter Natronlauge lassen sich in diesem sehnenähnlichen Gewebe ziemlich zahlreiche elastische Fasern nachweisen, welche dem parallelfaserigen Knochengewebe fehlen. Das sehnenähnliche und das parallelfaserige Knochengewebe sind nicht scharf getrennt; ersteres geht in das letztere dadurch über, dass die Bündel sich mehr und mehr aneinander drängen, so dass die einscheidenden Faserzüge verschwinden und dann allmälig feiner werden, bis sie den gewöhnlichen Durchmesser der im Vogelknochen vorkommenden Faserbündel erreicht haben. (Vergl. Fig. 28.) Wir haben nun noch zu untersuchen, welche Theile der Vogelsehne verknöchert sind, mit anderen Worten, welche Bilder trockene Schliffe zeigen. Der lufttrockene Querschliff zeigt die dicken Faserbündel grössten Theils von schwarzen, lufterfüllten Räumen umgeben; da und dort hängen dieselben aber in grösserer Ausdehnung durch verkalkte Massen zusammen, welche Knochenkörperchen enthalten. Dem entsprechend, sieht man am Längsschliffe vielfach lange, lufterfüllte Spalten zwischen den Bündeln, andererseits aber auch spindelförmige Knochenkörperchen und auch reihenweise hintereinander folgende theils schmale, theils breite, viereckige Hohlräume mit kurzen Ausläufern, die offenbar die Profil- und Flächenansichten derselben Räume sind, in welchen die an entkalkten Schnitten sichtbaren Plättchen liegen. Theilweise müssen die Plättchen wohl auch in den langen nicht verkalkten Spalten liegen, weil am entkalkten Längsschnitte viel mehr Plättchenreihen zu sehen sind, als Reihen kubischer abgeplatteter Hohlräume am lufttrockenen Längsschliffe. Untersucht man die verknöcherte Sehne gegen die unverkalkten Enden hin, so verschwinden zunächst die die Gefässcanäle umgebenden Ringe von echtem Knochengewebe, so dass nur die sehnenähnlichen Bündel übrig bleiben. Die Gefässe laufen dann direct in den Interstitien zwischen den

grösseren Bündeln, was da und dort auch schon im Mittelstücke der Sehne zu sehen ist. (Fig. 28 *i.*) Die Bündel drängen sich dann mehr und mehr zusammen und sondern sich in grössere Gruppen, die man als primäre und secundäre Sehnenbündel bezeichnen kann, bis endlich im unverknöcherten Theil der Sehne gewöhnliches Sehnengewebe mit primären, secundären und nur theilweise von einander durch Spalten getrennten tertiären Bündeln vorliegt.

Aus dem beschriebenen Befunde geht hervor, dass die verknöcherte Vogelsehne theils aus dem bei Vögeln gewöhnlichen parallelfaserigen Knochengewebe, theils aus einem eigenthümlichen Gewebe, das am besten als sehnenartiges Knochengewebe bezeichnet werden kann, sich aufbaut. Beide Gewebeformen gehen continuirlich in einander über, stehen aber ebenso wenig mit einander in genetischer Beziehung, als verschiedene Typen des Knochengewebes an anderen Orten. Beide Gewebe sind ohne Zweifel direct aus embryonalem Bildungsgewebe entstanden, denn die Annahme, dass leimgebende Fibrillen, die nach einem bestimmten Typus geordnet sind, nachträglich sich nach einem ganz anderen Typus ordnen, ist völlig unmöglich, wenn man nicht die ganze Zellenlehre auf den Kopf stellen und den geformten Producten der Zellen eine active, dem Protoplasma allein zukommende Rolle zutheilen will. Ich kann also weder Lieberkühn beistimmen, der nachzuweisen versuchte, dass die verknöcherte Sehne erst den Bau einer gewöhnlichen Sehne besitze und dann sich allmälig durch innere Vorgänge in Knochen umwandle, noch Henle[1] und Lessing[2], welche den ganzen Unterschied im Baue der verknöcherten Vogelsehne und dem einer gewöhnlichen Sehne darauf reduciren wollen, dass die eine mit Knochenerde imprägnirt ist, die andere nicht; ich sehe vielmehr in der verknöcherten Sehne einen Typus eigener Art, der schon mit der ersten Entwickelung gegeben sein muss.

Nach den Erfahrungen, die ich über den Bau des bekanntesten und zugänglichsten Beispieles eines typischen Binde-

---

[1] Bericht über die Fortschritte der Anatomie, 1860, p. 69 und 1861 p. 57.

[2] Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. XII, 1861.

gewebsknochens gemacht hatte, schien es mir von besonderem Interesse, die Structur eines sogenannten Knorpelknochens kennen zu lernen. Nach der Versicherung Gegenbaur's,[1] der auch Lieberkühn beistimmt, kann man die Umwandlung von Hyalinknorpel in Knochen an den Trachealringen der Vögel ganz unbezweifelbar beobachten. Allein dort ist das Knochengewebe nur in der Umgebung von Gefässcanälen zu finden und grenzt sich überall durch eine scharf markirte buchtige Resorptionslinie gegen den Knorpel ab. Von einem Übergang von Knorpel in Knochen ist keine Spur zu sehen; im Gegentheile, die Betheiligung des Knorpels an der Knochenbildung ist hier von vornherein viel unwahrscheinlicher, als an den Diaphysen der Röhrenknochen, weil am Trachealknorpel fast gar keine Proliferationserscheinungen zu bemerken sind und die Resorptionslinie in völlig unveränderten Knorpel hineingreift. Ich habe gar keinen Grund, daran zu zweifeln, dass der Knochen hier, wie anderwärts, dem Knorpel einfach von den Gefässen aus angelagert ist. Was die Structur des Knochens anbelangt, so besteht derselbe aus dem gewöhnlichen parallel-faserigen Gewebe der Vogelknochen, mit Ausnahme der Anlagerungsfläche, wo ungeordnete Fibrillen sich finden. Weitere Studien über aus Knorpel direct hervorgegangene Knochen zu machen, hatte ich nach dieser Erfahrung um so weniger Neigung, als sonst kein einziges unbestrittenes Beispiel dieser Art bekannt ist, und es mir von vornherein undenkbar scheint, dass Hyalinknorpel sich in ein Gewebe direct umwandle, das den Namen Knochen im histologischen Sinne verdient. Eine directe Lösung dieser Frage konnte niemals Zweck dieser Arbeit sein, welche sich nur mit der Structur fertiger Gewebe befasst, und muss dieselbe speciellen osteogenetischen Studien vorbehalten bleiben, die mit Rücksichtnahme auf die hier über die Knochenstructur niedergelegten Thatsachen angestellt werden.

Es war meine ursprüngliche Absicht, auch die Knochen der niederen Wirbelthierclassen auf ihre Structurverhältnisse zu untersuchen; allein ich musste von diesem Vorhaben abstehen, wollte ich den Abschluss dieser Arbeit nicht bis auf unbestimmte

---

[1] l. c. p. 209 und Jen. Zeitschr. Bd. I. (1864), p. 368.

Zeit hinausschieben. Zudem genügt das vorgeführte thatsächliche Materiale vollständig, um das, worauf es mir wesentlich ankam, nachzuweisen, dass nämlich unter dem Namen Knochen eine Reihe typisch verschiedener Gewebeformen begriffen sind.

Nur ein Gewebe, dessen nahe Verwandtschaft mit dem Knochengewebe schon lange bekannt ist, möchte ich hier noch zur Sprache bringen, nämlich das Zahnbein.

Nachdem es mir gelungen war, die fibrilläre Structur des Knochengewebes sicher nachzuweisen, lag die Vermuthung nahe, dass auch das Zahnbein eine Zusammensetzung aus Fibrillen zeige. Diese Vermuthung hat sich in der That bestätigt. Wenn man Zähne mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkt, so bemerkt man zunächst, dass das Zahnbein wie das Knochengewebe, nahezu so weiss und undurchsichtig bleibt wie vor dem Entkalken. Fertigt man von einem einfacher gebauten Zahne, etwa vom Eckzahn eines Hundes, an welchem wenigstens in der Region des Halses die Zahncanälchen ziemlich regelmässig radiär von der Höhle zur Oberfläche ziehen, Durchschnitte an, so fällt zunächst der verschiedene Verlauf der Zahncanälchen am Längs- und Querschnitte auf. Während sie an ersterem ziemlich geradlinig und fast ohne Seitenäste erscheinen (Fig. 33 *b*), zeigen sie an letzterem einen mehr welligen Verlauf, und an den Biegungsstellen gehen nicht selten feine Seitenäste ab. (Fig. 32 *a*, *a*, *a*.) Diesen verschiedenen Ansichten der Zahncanälchen, welche auch an Schliffen zu sehen sind, entspricht nun auch ein verschiedenes Ansehen der Grundsubstanz. Dort, wo die Zahncanälchen wellig und ästig sind, also im Allgemeinen am Querschnitte, erscheint die Grundsubstanz punktirt, dort, wo sie mehr geradlinig verlaufen, also am Längsschnitte, sieht man deutliche, die Zahncanälchen senkrecht kreuzende Fibrillen, welche, wenn man den Längsschnitt in der Weise anfertigt, dass man schabend mit dem Scalpelle über die Schnittfläche fährt, am Rissende deutlich aufgefasert erscheinen. (Fig. 33 *a*, *a'*.) Am Längsschnitte erscheinen die Fäserchen wie am Knochen in Bündel abgetheilt, welche unter sehr spitzen Winkeln sich durchkreuzen. Diese Structur des Zahnbeines ist an Schliffen nur schwierig zu erkennen, doch gelingt dies mit Immersion IX Hartnack an geeigneten Präparaten.

Aus dem Mitgetheilten folgt, dass man an einem Schnitte senkrecht zu den Zahncanälchen ebenfalls zwischen den punktförmigen Durchschnitten die Fäserchen im Längsschnitte sehen müsste. Allein die Punkte, welche den durchschnittenen Zahncanälchen und den Seitenästen derselben entsprechen, stehen so dicht, dass selbst bei starken Vergrösserungen die Faserung nur undeutlich hervortritt. Mit dem Polarisationsmikroskope lässt sich leicht ermitteln, dass die Fäserchen des Zahnbeines einaxig positiv doppeltbrechend sind, wie die des Knochens. Die Fäserchen und Zahncanälchen stehen also zu einander in den selben Beziehungen, wie die Ausläufer der Knochenkörperchen und die Fasern im lamellösen Knochen. An veraschten Schliffen kann man auch für das Zahnbein nachweisen, dass die Fibrillen unverkalkt sind, wie im Knochen.

Der eigenthümliche Bau der Vogelknochen ist meines Wissens bisher nur von Renaut[1] genauer beschrieben worden. Der genannte Forscher hat erkannt, dass die Havers'schen Systeme in der periostalen Rinde der Röhrenknochen aus der Längsaxe parallelen Faserbündeln und nicht aus Lamellen bestehen. Die von Renaut vertretene Ansicht, dass dieser Theil des Knochens eine verkalkte Sehne darstelle, kann ich natürlich nicht theilen. Was die Angabe anbelangt, dass die Fasern von elastischen Netzen umsponnen seien, so kann ich nur versichern, dass im Vogelknochen ebenso wenig elastisches Gewebe als regelmässiger Bestandtheil nachzuweisen ist, wie in Säugethierknochen.

Über den Bau der verknöcherten Vogelsehnen liegen Arbeiten von Lieberkühn[2], Lessing[3] und H. Müller[4] vor und ausserdem neuere Angaben von Renaut[5] und von Ranvier[6]. Ich habe schon oben erwähnt, dass von Lieberkühn die thatsächlichen Verhältnisse richtig erkannt wurden, wie aus seinen zahlreichen Abbildungen hervorgeht, auf welche ich hiemit verweise. Dass einige Verhältnisse nicht klar zur Anschauung kamen, liegt offenbar an der Methode des Entkalkens, die stets Quellung der Bündel, Unsichtbarwerden der Fibrillen etc. bewirkte.

---

[1] Gaz. med. 1874, 562, referirt im Centralbl. f. med. Wissensch. 1875, p. 414.

[2] l. c.

[3] l. c.

[4] Würzb. Naturw. Zeitschr. Bd. IV, 1863

[5] Archives de Physiologie. Tome IV, 1871—1872, p. 271.

[6] Ibid. II. Serie, Tome I, 1874, p. 195.

Dass auch in dem von mir als sehnenähnliches Knochengewebe bezeichneten Gewebe, Knochenkörperchen vorkommen, ist von Lieberkühn nicht bemerkt und nicht abgebildet worden. Die ganze Art, wie nun Lieberkühn die Structur des Gewebes aus einem ursprünglichen echten Sehnengewebe entstehen lassen will, halte ich freilich für gänzlich verfehlt und glaube ich nicht im Detail nachweisen zu sollen, dass es Lieberkühn nicht gelungen ist, begreiflich zu machen, wie ein aus groben Bündeln mit dazwischen liegenden Plättchenzellen bestehendes Gewebe sich allmählig durch die Aufnahme von Kalksalzen in ein aus feinen, dicht aneinandergedrängten Bündeln zusammengesetztes und regelmässige Knochenkörperchen enthaltendes Gewebe, ja sogar in lamellösen Knochen umwandeln soll. Diese Vorstellung konnte natürlich nur so lange einigermassen berechtigt erscheinen, als man in der fertigen Knochengrundsubstanz eine homogene, structurlose Masse sah.

Lessing's Untersuchungen blieben hinter den durch Lieberkühn gewonnenen thatsächlichen Erkenntnissen entschieden zurück. Lessing glaubt nach Extraction der Kalksalze in der verknöcherten Vogelsehne genau dieselbe Structur zu erkennen, wie sie eine gewöhnliche Sehne zeigt und gibt auch zwei Abbildungen (l. c. Taf. VIII, Fig. 3 *a* und *b*), welche die vollständige Identität des Gewebes einer verknöcherten und einer gewöhnlichen Sehne am Querschnittsbilde illustriren sollen. Bezüglich der Fig. 3 *b* lässt sich aber mit Bestimmtheit behaupten, dass sie nicht dem wirklich verknöcherten Abschnitte der Sehne entnommen ist, den sie der Angabe nach darstellen soll. Der Nachweis, dass in der verknöcherten Sehne dieselben Elementartheile vorkommen (Bindegewebsfibrillen und Bündel, Plättchenzellen), wie in der gewöhnlichen Sehne, genügt natürlich nicht, um die Identität beider Gewebeformen festzustellen; ein Vergleich der Abbildungen Lieberkühn's oder meiner Fig. 28 mit einer der zahlreichen in älterer und neuerer Zeit gegebenen Darstellungen eines Sehnenquerschnittes lehrt sogleich, dass die Anordnung der Bindegewebsbündel in der verknöcherten und in der gewöhnlichen Sehne wesentlich verschieden ist.

H. Müller wendet sich gegen Lieberkühn und sucht nachzuweisen, dass das Auftreten der echten Knochensubstanz unabhängig von dem erst sehnenartig angelegten Gewebe als Neubildung vor sich gehe. H. Müller's gesammte Anschauung über Knochengewebe und Verknöcherung halte ich, wie in dem letzten Abschnitte dieser Untersuchungen noch auseinandergesetzt werden soll, für principiell vollständig richtig, und so muss ich ihm auch in der Hauptsache beistimmen, wenn er behauptet, das Knochengewebe in der verknöcherten Sehne sei von Anfang an als solches angelegt und nicht aus Sehnengewebe durch Umwandlung entstanden. H. Müller geht aber zu weit, wenn er das parallel-faserige Knochengewebe wesentlich in derselben Weise in der Sehne auftreten lässt, wie den Knochen im Knorpel, nämlich so, dass das eine Gewebe resorbirt wird, während das andere an seine Stelle tritt. Resorptionslinien sind in der verknöcherten Sehne selten zu finden, und es muss daher ange-

nommen werden, dass die successive entstehenden Gewebeschichten nach verschiedenen Typen sich bilden, so dass das älteste Gewebe sehnenähnlich, das jüngste wahrer Knochen ist. Dass übrigens wirkliche Resorption und secundäre Ablagerung von Knochen auch vorkommt, ist nicht zu bezweifeln, da echte Kittlinien in der Umgebung einzelner Gefässcanäle sich finden (Fig. 28 *b*); nur ist dies die Ausnahme und nicht die Regel.

Renaut beschäftigt sich vorzüglich mit den Zellen der verkalkten Sehnen und behauptet, dieselben seien eingerollt, wie dies Ranvier anfänglich auch für die in gewöhnlichen Sehnen vorkommenden Plättchen behauptet hatte. Ich habe keine speciellen Studien weder über die Zellen des Knochens noch der verknöcherten Sehnen angestellt, sondern vorzüglich nur die Hohlräume berücksichtigt, in welche die Zellen eingeschlossen sind (Knochenhöhlen, Knochenkörperchen). Was nun die Formen dieser Hohlräume anbelangt, wie sie sich sowohl an mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkten Sehnen, als an Schliffen darstellen, so sind dieselben im Bereiche des sehnenähnlichen Knochens theils spindelförmige Lücken mit Ausläufern (Knochenkörperchen gewöhnlicher Art), grossen Theils aber reihenweise hinter einander liegende Hohlräume, die in der einen Längsansicht fast quadratisch oder verlängert rechteckig, in der zweiten Längsansicht schmal rechteckig, im Querschnitte aber entweder ebenfalls schmal rechteckig oder dreieckig erscheinen. (Vergl. Fig. 28.) Die Hohlräume haben Ausläufer, ähnlich wie Knochenkörperchen, nur sind dieselben kurz und wenig zahlreich. Kreisrunde Durchschnitte von den, den reihenweise angeordneten Zellen entsprechenden Hohlräumen, wie man sie nach Renaut's Angaben zahlreich erwarten sollte, habe ich nie gesehen. Bezüglich der Auffassung der verknöcherten Sehne im Ganzen schliesst sich Renaut an Heinrich Müller an, der sonderbarer Weise wiederholt fälschlich als Jean Müller citirt wird.

Ranvier gibt eine Darstellung des aus parallelfaserigem Knochengewebe bestehenden Theiles der verknöcherten Vogelsehne, welche so weit sie thatsächliche Verhältnisse betrifft, mit meinen Angaben übereinstimmt. Wenn aber Ranvier in diesem Gewebe noch die Sehnenstructur sieht, so ist dies eine Auffassung, die ich als nicht zulässig erklären muss, weil das Gewebe vollständig mit dem Knochengewebe der Vögel übereinstimmt und nur eine entfernte Ähnlichkeit mit einer echten Sehne hat.

VII. Schlussbemerkungen.

Legen wir uns nun am Schlusse dieser Untersuchungen die Frage vor, was man unter Knochengewebe zu verstehen habe, so könnte es bei der Fülle von verschiedenen Formen, in welcher uns dasselbe an einer verhältnissmässig sehr beschränkten Zahl von Objecten entgegentrat, fast unmöglich erscheinen, eine präcise Definition zu geben.

Es ist zunächst klar, dass von Lamellen, Fasernetzen etc., von bestimmten Formen und Verbindungen der Zellen, respective der Hohlräume, in welcher erstere enthalten sind, in einem alle Formen des Knochengewebes umfassenden Begriffe keine Rede sein kann. Das einzige constante Formelement ist die leimgebende, selbst unverkalkte Fibrille, und insoferne lässt sich das Knochengewebe mit Fug und Recht unter die Gewebeformen einreihen, welche man unter dem Namen fibrilläres Bindegewebe zusammenfasst. Was aber alle Formen des Knochengewebes von anderen aus fibrillärem Bindegewebe bestehenden Gewebeformen unterscheidet, ist die die Fibrillen zusammenhaltende Kittsubstanz, welche durch ihren hohen Gehalt an phosphorsauren und kohlensauren alkalischen Erden ausgezeichnet ist. Die Zellen des Knochengewebes sind ohne Zweifel von den Zellen des fibrillären Bindegewebes wesentlich verschieden, was wir eben aus der Verschiedenheit der von denselben gelieferten geformten Substanz (Fibrillen und Kittsubstanz zusammen genommen) schliessen müssen. Allein vom histologischen Standpunkte lassen sich an den Zellen als solchen (den Protoplasmamassen) und an den von ihnen erfüllten Räumen durchgreifende, für das Knochengewebe überall constante, keiner Form des fibrillären Bindegewebes zukommende Merkmale nicht auffinden; ja die Zellen können nicht einmal unbedingt in die Diagnose des Knochengewebes mit aufgenommen werden, insoferne gewisse zellenlose Knochenbildungen und das Zahnbeingewebe, das bezüglich der Grundsubstanz und der Bildungsweise mit dem Knochengewebe so sehr übereinstimmt, auch berücksichtiget werden müssen.

Wir kommen so zu folgender Definition: Das Knochengewebe besteht aus leimgebenden Fibrillen, die durch eine starre, die sogenannte Knochenerde enthaltende Kittsubstanz verbunden werden, in welcher verschieden gestaltete anastomosirende Hohlräume eingegraben sein können, die Zellen oder Zellenausläufer enthalten.

Diese Definition erschöpft den Begriff des untersuchten Gewebes allerdings nicht, insoferne sie sich nur auf das fertige Gewebe bezieht und ein wesentlicher Factor, die Entwickelung

nicht berücksichtigt ist. Allein gerade dieser Punkt ist noch Gegenstand der Discussion, und da die vorliegenden Untersuchungen denselben nur indirect berühren, so musste von demselben bei der aufgestellten Definition Umgang genommen werden.

Die einzelnen Formen des Knochengewebes sind durch die verschiedene Art, wie sich die leimgebenden Fibrillen zu Elementartheilen höherer Ordnung verbinden und die damit in Correlation stehende Form und Anordnung der die Knochenzellen enthaltenden Hohlräume bedingt. Wie viele solche unterscheidbare Formen von Knochengewebe thatsächlich vorkommen, ist erst noch durch weitere Untersuchungen festzustellen; in den von mir untersuchten Objecten ist bereits ein ziemlicher Formenreichthum bemerklich. Als weit verbreitet und in den Extremen scharf unterschieden, lassen sich zunächst folgende drei Typen von Knochengewebe aufstellen:

1. Das geflechtartige Knochengewebe. Faserbündel von wechselnder Dicke durchkreuzen sich in verschiedenen Richtungen; die Knochenhöhlen sind zahlreich, sehr unregelmässig, häufig zusammenfliessend und dann sogenannte Interglobularräume darstellend.

2. Das parallel-faserige Knochengewebe. Faserbündel von etwa 3 μ. Dicke und fast parallelem Verlaufe verbinden sich unter einander durch Fibrillenaustausch nach allen Seiten mit gleichmässiger Festigkeit. Die Knochenhöhlen sind in ziemlich regelmässigen Abständen, in der Richtung der Fasern stark verlängert, von rundlichem Querschnitte und mit Ausläufern versehen, welche senkrecht zur Längsaxe der Fasern nach allen Richtungen ausstrahlen.

3. Das lamellöse Knochengewebe. Fibrillenbündel von etwa 2—3 μ. Dicke verbinden sich durch innige Verflechtung unter spitzen Winkeln zunächst zu Lamellen, welche mit einander durch Fibrillenaustausch weniger fest zusammenhängen, als die Bündel der Lamellen unter sich. Die Lamellen wechseln entweder in der Faserungsrichtung, oder es bleibt dieselbe auf weite Strecken dieselbe. Die Knochenhöhlen sind in der Richtung der Faserung stark verlängert, den Flächen der Lamellen entsprechend abgeplattet und meistens in Reihen geordnet. Die

Ebner, Über den fe

Taf. I.

Fig. 1.

Fig. 4

Fig. 7.

Fig. 10.

Gez. v. Verf. Lith. v. Schuma

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

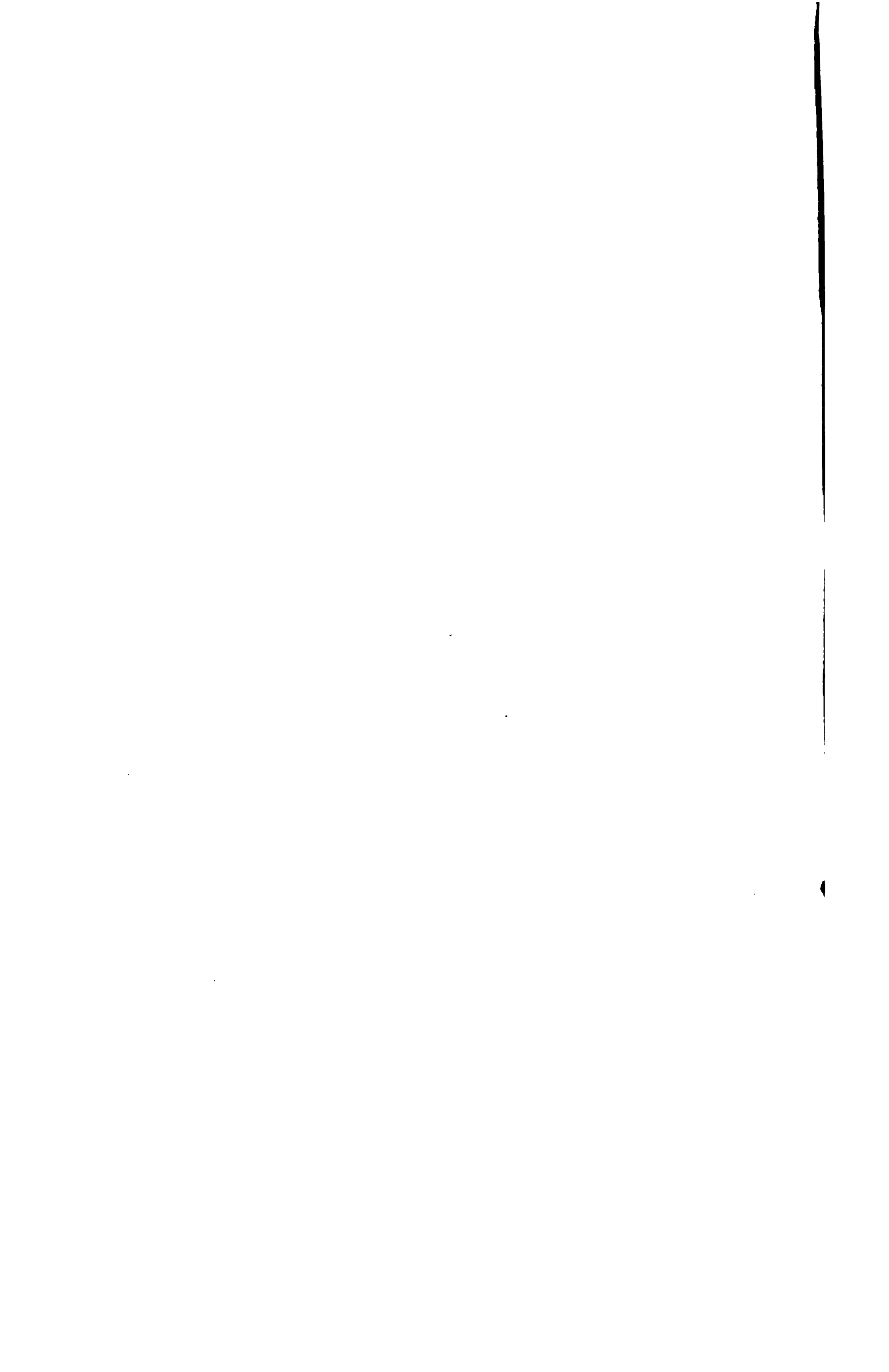


Fig.

P

c

b

A

Fig. 13.

P

d

c

c

b_2

d

Fig. 18.

Gez. v Verf. Lith. v. Schima.

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

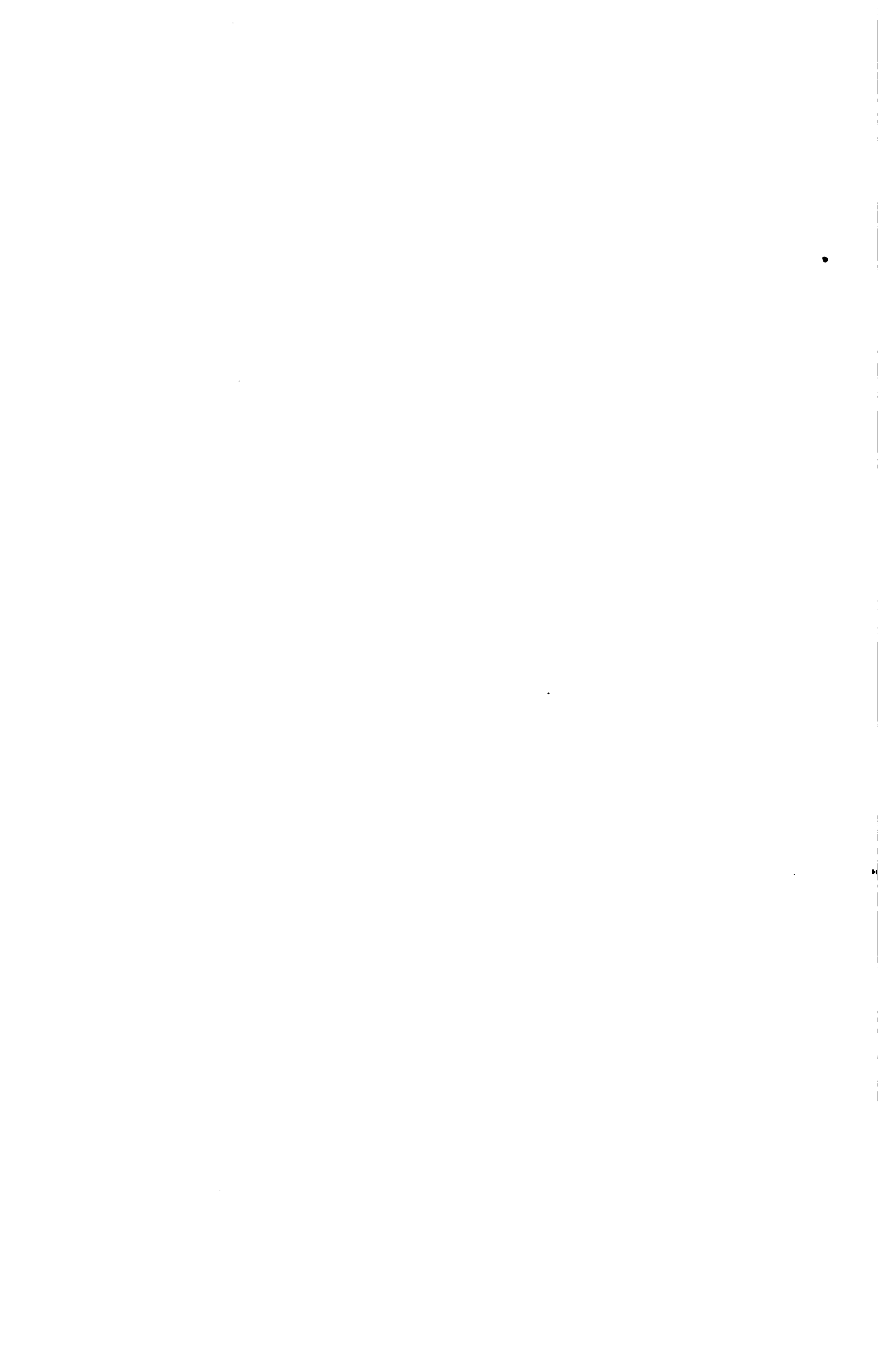


Fig.

c

b

A

Fig. 13.

P

d

c

c

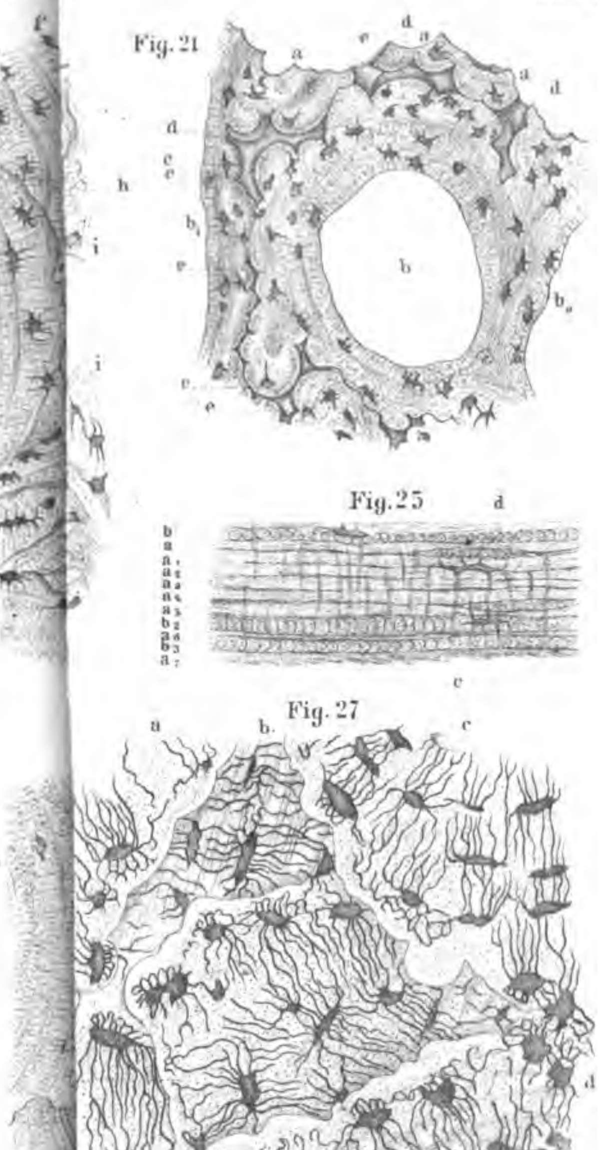
b_2

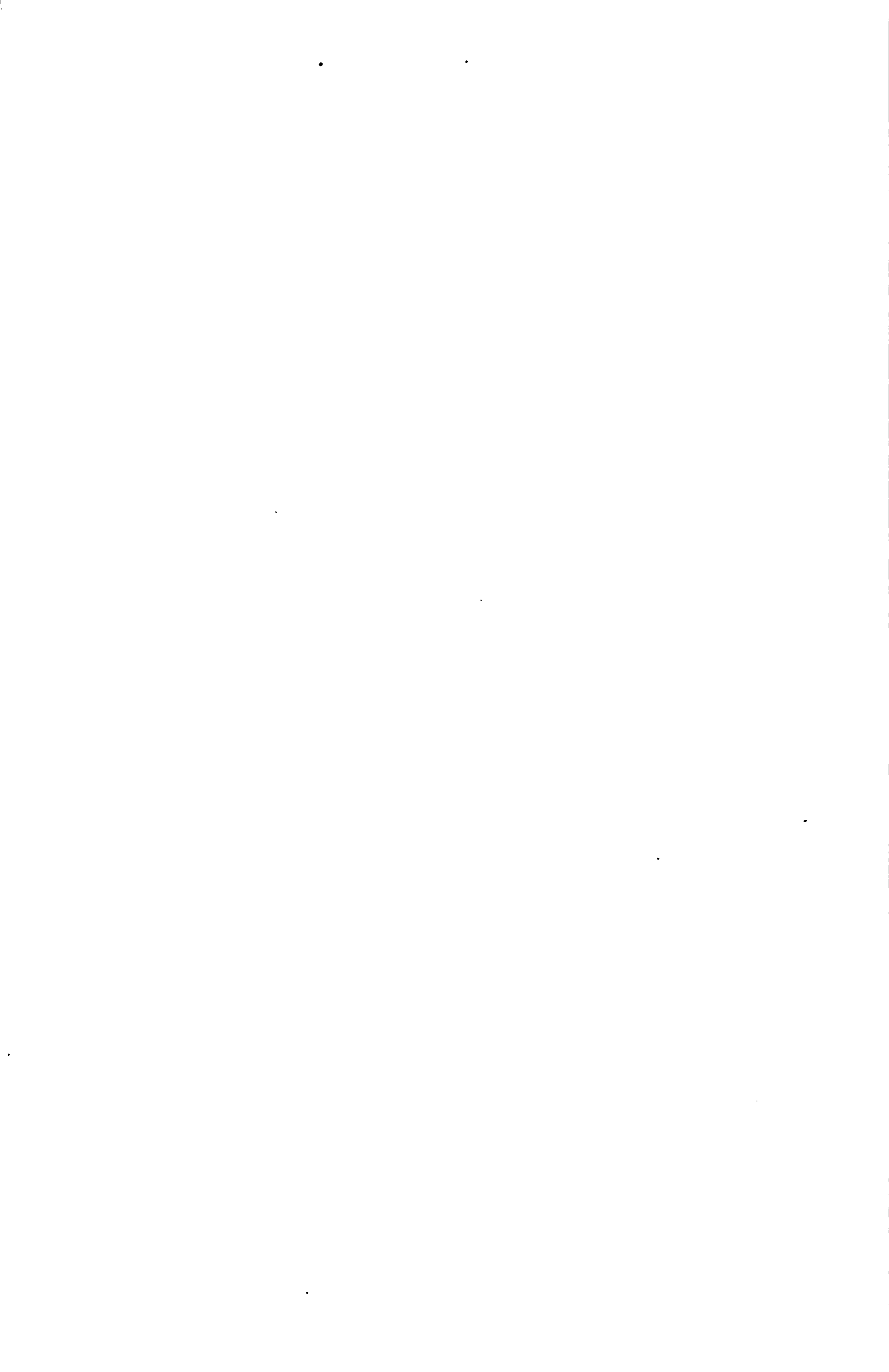
d

Fig. 18.



Fig. 19.





Ausläufer der Knochenhöhlen verlaufen vorzüglich nur in einer Richtung, nämlich senkrecht auf die Lamellen.

Wenn man auch weniger verbreitete Gewebeformen in der hier mehr beispielsweise gegebenen Art charakterisiren wollte und erst die hieher gehörigen Gewebe aus allen Wirbelthierclassen berücksichtigen würde, so könnte man sicherlich eine lange Reihe Diagnosen von Arten der Gattung Knochengewebe aufstellen. Ich wähle diese Ausdrücke, weil die Gewebeformen in der That eine ziemlich weitgehende Vergleichung mit den Arten einer reich gegliederten Gattung im Sinne der naturhistorischen Systematik zulassen; will jedoch einen solchen Vergleich nur bezüglich eines Punktes, der mir besonders bemerkenswerth erscheint, wirklich durchführen.

Eine Reihe von Arten können durch Übergänge verbunden sein, so dass es schwierig werden kann, die Formen zu gliedern und der Streit sich erhebt, ob Arten, Varietäten, Raçen, ob eine, ob zehn, ob zwanzig oder mehr „gute Arten" unterschieden werden können. So weit die Ansichten in dieser Richtung je nach der Individualität des Beobachters auch auseinander gehen können, wenn sich derselbe nicht auf den Boden der Descendenzlehre stellt; niemals kann darüber ein Zweifel entstehen, ob etwa die fertigen Formen in einander sich umwandeln. Wenn von „Übergängen" der Arten die Rede ist, so denkt jeder Zoologe und Botaniker, dass zwischen zwei Individuen, die durch exquisite Charaktere von einander als Arten unterschieden sind, eine Reihe von anderen Individuen sich so einschieben lässt, dass jedes Glied der Reihe von dem vorhergehenden und dem nachfolgenden auch bei der minutiösesten Untersuchung kaum zu unterscheiden ist. Niemand denkt aber daran, diese Reihe als genetische in der Weise aufzufassen, dass wirklich die erwachsenen Individuen diese Reihe durchlaufen können, indem sie successive ihre Charaktere ändern. Es ist dies eine so augenfällige Absurdität, dass es überflüssig ist, dieselbe weiter zu erörtern.

Man kann nicht bezweifeln, dass vielfach Übergänge in dem genannten Sinne auch unter den Gewebearten, besonders in der Reihe der Bindesubstanzen, vorkommen. Es wurde früher angeführt, dass geflechtartiges Knochengewebe in parallelfaseriges und dieses in lamellöses übergeht u. s. w. Ja es kann

echtes Sehnengewebe mit Knochen, Hyalinknorpel mit Knochen, Sehnengewebe mit Hyalinknorpel durch allmälige Übergänge verbunden sein. Hier ist nun allerdings der Umstand sehr verführerisch, dass die Natur selbst die Übergangsglieder an einander gereiht hat, während der Naturhistoriker sie erst zusammensuchen und ordnen muss. Ausserdem ist es bei den Geweben nicht gerade leicht, die Entscheidung zu fällen, ob dieselben ihre definitive Entwicklung erreicht haben oder nicht.

Trotzdem ist es aber gänzlich ungerechtfertigt, solche Übergänge im genetischen Sinne aufzufassen und zu denken, Sehnengewebe wandle sich in Knochen, Knorpel in Sehnengewebe etc. um. Wir wissen, dass jedes dieser Gewebe an anderen Orten, wo ein solcher Übergang nicht zu bemerken ist, eine ganz eigenthümliche Entwickelung aus Embryonalzellen durchmacht und dann, wenn es einmal seine typische Ausbildung erreicht hat, als ein Dauergewebe persistirt. Wenn wir nun denken sollten dass ein solches Dauergewebe sich direct in ein anderes Dauergewebe umwandle, das für gewöhnlich eine ganz andere eigenthümliche Entwickelung durchmacht, so müssten es ganz besonders zwingende Gründe sein, die uns zu einer Annahme veranlassen könnten, die, mir wenigstens, ebenso paradox erscheint, wie die Vorstellung, dass sich verwandte Thier- oder Pflanzenarten im ausgebildeten Zustande in einander metamorphosiren können.

Zum Begriffe eines Gewebes gehört ein ganz bestimmter Entwickelungsgang, gerade so, wie jedem Organismus, als Ganzes betrachtet, eine bestimmte Ontogenie zukommt.

Wenn also behauptet wird, dasselbe Gewebe entwickle sich bald auf diese, bald auf jene Weise, so muss eine solche Angabe schon vornherein als mit dem Gewebebegriffe völlig unvereinbar angesehen werden und man darf nicht vergessen, dass die Gewebe durch eine successive Differenzirung in divergirenden Richtungen aus ursprünglich gleichartigen Embryonalzellen hervorgehen.

Wenn wirklich Gewebe, die eine gänzlich verschiedene Entwickelung durchgemacht haben, völlig identisch zu sein scheinen, so kann dies nur darin seinen Grund haben, dass thatsächlich bestehende Verschiedenheiten keinen prägnanten Ausdruck finden, der sofort durch das Mikroskop erkannt werden könnte. Es gibt ja auch Thier- und Pflanzenarten, die eine ganz

differente Entwickelung durchmachen, die aber im ausgebildeten Zustande so ähnlich sind, dass eine oberflächliche Untersuchung keine Verschiedenheiten erkennen lässt.

Wenn nun in den vorhergehenden Abschnitten der Nachweis geliefert wurde, dass in einer verhältnissmässig sehr beschränkten Zahl von Objecten eine ganze Reihe verschiedener Formen von Knochengewebe zu unterscheiden sind, so darf wohl erwartet werden, dass, wenn irgendwo aus Hyalinknorpel ein Gebilde hervorgeht, das im Allgemeinen wie Knochengewebe aussieht, dieser Knorpelknochen durch besondere Structureigenthümlichkeiten sich auszeichnen werde. Es wird in Zukunft von Jedem, der eine directe „Verknöcherung" von Hyalinknorpel beobachtet zu haben behauptet, der Nachweis verlangt werden dürfen, dass der angebliche Knochen bezüglich seiner Structur mit irgend einer auf directem Wege aus Bildungszellen entstandenen Form echten Knochengewebes übereinstimme. — Die Beziehungen des Knochen- und Bindegewebes bedürfen noch einer besonderen Besprechung.

Die leimgebende Fibrille ist ein dem Knochen- und dem fibrillären Bindegewebe gleichmässig zukommender Elementartheil und insoferne kann aller Knochen als sclerosirtes Bindegewebe aufgefasst werden. Es ist aber nachdrücklichst zu betonen, dass nicht beliebige typische Formen von Bindegewebe, wie sie etwa im Gewebe der Lederhaut, im Gewebe der Sehnen etc. vorliegen, in Knochen sich umwandeln, sondern es ist, abgesehen von der Natur der Kittsubstanz, die Art der Anordnung der Fibrillen für die verschiedenen Formen des Knochengewebes eine eigenthümliche, wie sie eben in unverknöcherten Bindegewebsformen sich nicht findet. Wenn Übergänge von Knochen- und Bindegewebsformen vorkommen, so sind dieselben nur als räumliche und nicht als genetische aufzufassen.

Die hier entwickelten Anschauungen stimmen im Wesentlichen mit den vor dreizehn Jahren von Heinrich Müller ausgesprochenen Ideen über Verknöcherung überein. Bisher haben dieselben aber nicht durchdringen können und schwer wiegende Stimmen, wie die Virchow's, Gegenbaur's und Lieberkühn's, treten noch immer für die mehrfache Entstehung des Knochengewebes ein. — Meine Untersuchungen bieten, wie

ich glaube, eine neue Stütze für die Ansicht, die auf Grund histogenetischer Studien allein bisher vergeblich sich Bahn zu brechen suchte, dass nämlich typische Knochengewebsformen nur aus bestimmten Bildungszellen entstehen können und dass knochenähnliche Producte, die aus typischen Bindegewebs- und Knorpelformen hervorgehen, ihren abnormen Ursprung stets in ihrer Structur verrathen müssen. Ich kann es nicht unterlassen, hier noch darauf hinzuweisen, dass Studien über Entwicklung der formenreichen und durch räumliche Übergänge mannigfaltig verbundenen Bindesubstanzen mit besonderer Vorsicht angestellt werden müssen. Mit Rücksicht auf das früher Auseinandergesetzte ist das, was man bei anderen histogenetischen Studien oft unbedenklich thun darf, nämlich aus dem Nebeneinander einer continuirlich sich ändernden Reihe von Formen auf ihren genetischen Zusammenhang zu schliessen, durchaus nicht ohne Weiteres erlaubt, und so halte ich denn auch dafür, dass die neueste Arbeit von Ranvier[1] über Entwicklung der Sehnen, der zu Folge sich die Bindegewebsfasern aus Knorpel gewissermassen ausspinnen sollen, auf einem völlig unhaltbaren Boden steht. Ranvier wählt sich nämlich, um das Längenwachsthum einer Sehne zu studiren, die Stellen aus, wo Sehnen in Knorpel übergehen. Gerade bei den Bindesubstanzen darf man meines Erachtens zunächst nur solche Gewebepartien für das Studium der Entwicklung in's Auge fassen, die auf weite Strecken einen und denselben Typus möglichst gleichförmig festhalten, und es sind daher auch für das Studium der Knochenentwicklung Übergangsstellen von Knorpel und Sehnen in Knochen sicher die schwierigsten und am leichtesten auf Irrwege führenden Objecte.

Die Bedeutung der Studien über Knochenstructur für die Knochenwachsthumsfrage dürfte nach den im vierten, fünften und sechsten Abschnitte gegebenen Auseinandersetzungen so einleuchtend sein, dass es hier nicht mehr nothwendig ist, weitläufig darauf zurückzukommen. Das Studium der Kittlinien hat den, wie ich glaube, unanfechtbaren Beweis dafür ergeben, dass im Laufe des Wachsthumes wirklich Knochensubstanz im Inneren und an der Oberfläche der Knochen zerstört wird, so dass der

[1] Archives de Physiologie. 1874. p. 198.

fertige Knochen gewissermassen eine aus zahllosen Gewebestücken zusammengekittete Breccie darstellt. Es freut mich, constatiren zu können, dass meine Ergebnisse mit der von Kölliker auf neue Grundlagen gestellten Theorie von der modellirenden Resorption völlig in Einklang stehen und ein Blick auf Fig. 31, Taf. IV, welche einen kleinen Abschnitt aus der *Spongiosa* des Oberschenkels eines Erwachsenen darstellt, wird, wie ich hoffe, Jedermann überzeugen, dass beim Wachsthume dieses von J. Wolff mit so grosser Vorliebe behandelten Objectes[1] wirklich modellirende Resorptionsvorgänge in einer Weise stattfinden, wie sie im Allgemeinen nach der Theorie vorkommen müssen, wenn die von dem genannten Forscher constatirte geometrische Ähnlichkeit der Spongiosaarchitektur in allen Lebensaltern erklärt werden soll. Die Kittlinien, die Resorptionslinien und der Zug der Lamellen sind in der Abbildung genau mit der Camera copirt und es ist wirklich erstaunlich, wie wechselvoll auf so kleinem Raume Resorptions- und Appositionsvorgänge in einander gegriffen haben.

Die wichtige Frage, ob neben den Appositions- und Resorptionsvorgängen ein interstitielles Wachsthum des Knochengewebes vorkommt, wurde von Ruge[2], Strelzoff[3] und Schachowa[4] mit Hilfe von Messungen der Distanzen der Knochenkörperchen in verschiedenen Lebensaltern auf directem Wege zu lösen versucht. Meine Untersuchungen haben ergeben, dass die Distanz der Knochenkörperchen wesentlich von der Knochenstructur abhängig ist, dass beispielsweise im geflechtartigen Knochengewebe und an Anlagerungsflächen die Knochenkörperchen dicht und unregelmässig stehen, während sie im lamellösen Knochen schon bei Kindern weiter entfernt und mehr regelmässig reihenweise vertheilt sind. Man darf daher allen bisherigen Messungen, welche sämmtlich ohne Rücksicht auf Knochenstructur angestellt sind, nur einen sehr untergeordneten Werth beilegen.

---

[1] Virchow's Archiv, Bd. L. und Bd. LXI.

[2] Virchow's Archiv, Bd. XLIX, p. 237.

[3] l. c.

[4] Centralblatt f. med. Wissensch. 1873, p. 900.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Aus einem Querschliffe der Tibia des Erwachsenen. *a.* Querdurchschnittene Knochenkörperchen. *b.* Knochencanälchen. *c.* Grundsubstanz mit Punkten, welche den Querschnitten der Knochenfibrillen entsprechen. Vergrösserung 600. (Diese, sowie die drei folgenden Figuren sind nach sorgfältig polirten und mit einem Tropfen Wasser befeuchteten Schliffen gezeichnet; die Knochenkörperchen und Canälchen sind mit der *camera lucida* angelegt, wie überhaupt die wichtigen Contouren in allen folgenden Abbildungen).

Fig. 2. Aus einem Längsschliffe der Tibia des Erwachsenen. *a.* Knochenkörperchen im Profile gesehen. *b.* Knochencanälchen. *c.* Gestreifte Grundsubstanz; die Striche entsprechen den Knochenfibrillen. Vergr. 600.

Fig. 3. Wie Fig. 2. *a.* Knochenkörperchen von der Fläche gesehen. *b.* Knochencanälchen, die schief oder der Länge nach getroffen sind. *c.* Querschnitte von Knochencanälchen. *d.* Gestreifte Grundsubstanz; die Striche entsprechen den Knochenfibrillen. Vergr. 600.

Fig. 4. Aus einem Querschliffe durch die umfassenden Lamellen der Tibia des Erwachsenen. *a.* Gestreifte Lamellen, zum Theil Längsprofile der Knochenkörperchen zeigend. *b.* punktirte Lamellen, theilweise mit Querdurchschnitten von Knochenkörperchen. *b,* und *b,,* Lamellen, welche nicht rein punktirt erscheinen, weil die Fibrillen mehr schräg durchschnitten sind. Vergr. 600.

Fig. 5. Knochenlamelle von einem Mittelhandknochen des Erwachsenen. (Die dieser, sowie den fünf folgenden Abbildungen entsprechenden Präparate wurden von in salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkten Knochen durch Schaben mit dem Scalpelle gewonnen.) *a.* Die Fasern der Lamelle durch Kreuzung rhombische Felder bildend. *b.* Faserbündel am Rissrande isolirt und theilweise in Fibrillen aufgelöst. *c.* Durchschnitte der Knochencanälchen. *d.* Aus der Lamellenebene austretende Fibrillen, welche abgerissen sind und daher wie Punkte erscheinen. Vergr. 460.

Fig. 6. Zwei schiefwinkelig sich überkreuzende Faserschichten aus der Tibia. *a.* Faserbündel am Rissrande. *b.* Knochencanälchen.

Fig. 7. Ein Stückchen vom Rissrande einer Lamelle, deren Fasern rhombische Maschen bilden. Mit Immersion X von Hartnack gezeichnet. *a.* Faserbündel. *b.* Rissrand mit isolirten Fibrillen. *c.* Knochencanälchen.

Fig. 8. Ein Stückchen vom Rissrande einer Lamelle, deren Fasern unter sehr spitzen Winkeln anastomosiren. Das Übrige wie in Fig. 7.

Fig. 9. Zwei Lamellen mit rechtwinkelig sich überkreuzendem Faserverlaufe. *a.* Faserbündel. *b.* Knochencanälchen. Vergr. 460.

Fig. 10. Zwei Lamellen mit schiefwinkelig sich überkreuzendem Faserverlaufe. *a.* Faserbündel am Rissrande. *b.* Knochencanälchen. *c.* Knochenkörperchen. Vergr. 460.

Tafel II.

Fig. 11. Querschliff eines Havers'schen Ringsystemes aus der Tibia des Erwachsenen. Präparat im Wasser. *a.* Streifige Lamellen, da und dort Knochenkörperchen enthaltend, die im Längsprofile zu sehen sind. *b.* Punktirte Lamellen mit querdurchschnittenen Knochenkörperchen. *c.* Spalte, durch das Schleifen entstanden. *d.* Gefässcanal. Vergr. 600.

Fig. 12. Dasselbe Präparat, wie Fig. 11, zwischen gekreuzten Nikols. Nur die streifigen Lamellen erscheinen dort, wo sie mit den Polarisationsebenen Winkel bilden, hell, die punktirten aber überall dunkel. *A. A.* Richtung der Polarisationsebene des Analysators *P. P.* des Polarisators.

Fig. 13. Stück eines auf dem Platinbleche veraschten Querschliffes der Tibia des Erwachsenen nach Einschmelzung in hartem Canadabalsam. *a.* u. *a.* Quer- und Längsschnitte der Röhrchen, in welchen leimgebende Fibrillen enthalten waren, mit Canadabalsam erfüllt. *b.* u. *b.* Dieselben Röhrchen mit Luft erfüllt. *b* 2. Isolirte Gruppe lufterfüllter querdurchschnittener Röhrchen mitten in der mit Harz infiltrirten Knochenpartie. *c.* Knochenkörperchen. *d.* Durch das Glühen entstandene Risse. Vergr. 540.

Fig. 14. Verbrannter Längsschliff der Tibia, wie das in Fig. 13 abgebildete Präparat behandelt. *a.* Mit Harz infiltrirte Röhrchen, *b.* Lufterfüllte Röhrchen, in welchen Fibrillen enthalten waren. *c.* Knochenkörperchen. *d.* Riss. Vergr. 540.

Fig. 15. Knochenlamellen vom Scheitelbeine des Erwachsenen von Resorptionslücken durchbrochen und angenagt. *a.* Resorptionslücken. *b.* Durch Resorption entstandene Löcher. *c.* Knochenkörperchen. *d.* Knochencanälchen. Vergr. 460. (Dieses, sowie das folgende Präparat wurde in derselben Weise, wie die Präparate für Fig. 5 bis 11 hergestellt.)

Fig. 16. Knochenlamelle mit Punktirung und unregelmässig verlaufenden Knochencanälchen aus den äussersten umfassenden Lamellen der Tibia. *a.* Fibrillendurchschnitte. *b.* Knochencanälchen. Vergr. 460

Fig. 17. Querschnitt von einer in salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkten Tibia des Erwachsenen. *a*. Umfassende Lamellen. *b. c. d.* Theile von Havers'schen Systemen, welche durch Kittlinien von den umfassenden Lamellen scharf abgesetzt sind und dieselben theilweise unterbrechen. *e*. Streifige, *f*. punktirte und gleichzeitig durch die hervortretenden Knochencanälchen quergestrichelte umfassende Lamellen. Vergr. 280.

Fig. 18. Dasselbe Präparat, wie Fig. 17, zwischen gekreuzten Nikols. Die Polarisationsebenen sind so orientirt, dass sie mit den umfassenden Lamellen Winkel von 45° einschliessen. Nur die streifigen Lamellen sind hell und die Unterbrechung der Lamellen an den Kittlinien tritt ungemein deutlich hervor.

Tafel III.

Fig. 19. Querschnitt durch die Tibia des Erwachsenen, mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkt. *a, b, c, d, e*. Havers'sche Ringsysteme und Theile von solchen. *f, g, h*. Schaltlamellen-Systeme. Kittlinien und Knochenstructur deutlich hervortretend. Das Nähere im Texte p. 40 u. 44. Vergr. 260.

Fig. 20. Querschnitt durch die Mitte der Tibia des Neugebornen. Präparat wie das vorhergehende behandelt. *a, b, c, d, e*. Gefässräume. *f, f* Geflechtartiges Knochengewebe mit unregelmässigen, theilweise zusammenfliessenden Hohlräumen. *g, g, g*. Durchbohrende Fasern. *h*. Parallel-faseriges Knochengewebe. *c*. Undeutlich lamellöses Knochengewebe. Vergr. 260.

Fig. 21. Querschnitt durch die Tibia des Neugebornen drei Millimeter oberhalb des Ossificationsrandes in der Gegend des Malleolus. *a, a, a*. Resorptionslinien unter dem Periost, durch welche der endochondral gebildete Knochen blossgelegt ist. *b, b1, b2*. Gefässräume (Markräume). *c*. Kugelförmige Vorsprünge der Knochenanlagerungsflächen mit ungeordneten Fibrillen. *d*. Scheinbare interstitielle Halbmonde. *e*. Verkalkter Knorpel. Vergr. 260.

Fig. 22. Querschliff vom dritten Mittelhandknochen des Erwachsenen. Nach einem mit hartem, durch Erhitzen flüssig gemachtem Canadabalsam infiltrirten Präparate. Die streifigen Knochenlamellen treten ungemein scharf hervor. *a, b, c, d, e, f, g*. Durch Kittlinien von einander abgegränzte Inseln von Knochensubstanz. Das Nähere im Texte p. 24 u. 44. Vergr. 280.

Fig. 23. Querschnitt umfassender Lamellen aus der entkalkten Tibia des Erwachsenen. *a, a, a*. Streifige, *b, b, b*. punktirte Lamellen, *c, c, c*. Sharpey'sche Fasern aus den Lamellen entspringend. *d*. Knochenkörperchen. Vergr. 460.

Fig. 24. Faserbündel aus einer Lamelle abbiegend. Geschabtes Präparat, wie Fig. 5. Vergr. 460.

Fig. 25. Aus einem Längsschnitte durch die entkalkte Tibia des Erwachsenen. a—a_7. Streifige primäre Lamellen. b—b_2. Punktirte primäre Lamellen, an welchen eine Abtheilung im Bündel zu sehen ist; a—a_1 stellen zusammen eine secundäre Lamelle dar. *c.* Übergang einer punktirten, querfaserigen Lamelle, in eine streifige (längsfaserige). *d.* Kurze punktirte Lamelle zwischen gestreifte Lamellen eingeschoben. Vergr. 460.

Fig. 26. Stück eines Querschnittes vom Oberschenkel des Erwachsenen. a, a_1, a_2. Kittlinie. Bei *a* tritt die Kittlinie gegen die Resorptionsfläche scharf hervor; bei a_1 und a_2 wird sie undeutlich. *b.* Älteres, zum Theil durch Resorption zerstörtes Gewebe. *c.* Jüngeres Gewebe. *d.* An der Kittlinie ein scharf abgeschnittenes Knochenkörperchen der Resorptionsfläche. *e.* Knochenkörperchen mit rückläufigen Canälchen an der Anlagerungsfläche. Die Knochensubstanz zeigt an der Anlagerungsfläche ungeordnete Fibrillen, die gegen *c* hin deutlich lamellöser Substanz Platz machen. An der Stelle, wo das Knochenkörperchen *d* liegt, sind einige gestreifte Lamellen an der Kittlinie scharf abgeschnitten. Vergr. 460.

Fig. 27. Aus einem Querschliffe der Tibia, der mit Erhaltung der Luft in den Knochenkörperchen und ihren Ausläufern in Canadabalsam eingeschlossen wurde. *a*—*f*. Durch Kittlinien abgegränzte Felder von Knochensubstanz. *c.* Ein Stück eines Havers'schen Systemes Man sieht die Knochenkörperchen an den Anlagerungsflächen mit rücklaufenden, schlingenförmigen Canälchen versehen, während an den Resorptionsflächen die Knochenkörperchen und ihre Ausläufer scharf abgeschnitten erscheinen. Näheres im Texte p. 42 u. 44.

Tafel IV.

Sämmtliche Figuren dieser Tafel sind nach Präparaten gezeichnet, die mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung entkalkt wurden.

Fig. 28. Querschnitt durch eine verknöcherte Sehne von der untern Extremität eines Haushahnes. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *i*. Gefässcanäle. *f.* Sehnenartiges Knochengewebe aus groben Bündeln bestehend, allmälig in parallelfaseriges (*g*) und dieses wieder in undeutlich lamellöses (*h*) übergehend. Um den Gefässcanal *b* befindet sich eine Knochenpartie, die durch eine Kittlinie von der übrigen Knochensubstanz abgegränzt ist. Vergr. 460.

Fig. 29. Querschnitt durch die Tibia des Haushahnes. *a.* Innere der Markhöhle zugewendete Seite des Knochens. *e.* Äussere Seite. *b.* Gefässcanal der Länge nach angeschnitten. *c* und *d*. Querschnitte von Gefässcanälen. Um die Gefässcanäle *c* und *d*, sowie zwischen denselben befindet sich meist parallelfaseriges Knochengewebe, das durch Kittlinien in grössere Felder zerlegt ist. Bei

a durchkreuzen sich lamellenartige Faserschichten, die vielfach durch Anastomosen zusammenhängen. Vergr. 460.

Fig. 30. Sharpey'sche Fasern aus Lamellen entspringend von der Tibia des Menschen. Präparation, wie bei Fig. 5. *a*, *a*. Sharpey'sche Fasern. *b*. Knochencanälchen. *c*, Knochenkörperchen. Vergr. 460.

Fig. 31. Aus einem Querschnitte durch die *Spongiosa* vom *Collum femoris* des Erwachsenen. Bei *a*, *bb'*, *c'* und *dd'* sind die Lamellen fast senkrecht zur Fläche durchschnitten, bei *c* traf jedoch der Schnitt schräg auf die Lamellen, so dass in Folge dessen der Unterschied zwischen Lamellengränzen und Kittlinien weniger scharf hervortritt. *a*, *b*, *c* und *d*. Glatte Begrenzung der Knochenbalken gegen die Markräume der *Spongiosa*. *b'*, *c'* und *d'*. Resorptionsflächen mit Howship'schen Gruben, welche die Knochenstructur unterbrechen. Im Innern der Knochenbalken sind als Zeugen älterer Resorptionsvorgänge zahlreiche, buchtige Kittlinien zu sehen. Vergr. 100.

Fig. 32. Querschnitt durch einen entkalkten Eckzahn vom Unterkiefer des Hundes. *a*. Zahncanälchen. *b*. Punktirte Grundsubstanz. Die Punkte entsprechen den Durchschnitten von Zahnbeinfibrillen. Vergr. 460.

Fig. 33. Durch Schaben gewonnener Längsschnitt vom Eckzahne des Hundes. *a*. Gestreifte Grundsubstanz. *a'*. Zahnbeinfibrillen, am Rissrande isolirt. *b*. Zahncanälchen.

Beitrag zur Lehre von den künstlichen Missbildungen am Hühnereie.

Von Dr. **Szymkiewicz.**

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem embryologischen Institute des Prof. Schenk in Wien.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Juli 1875.)

Seitdem man die Missbildungen als Hemmungsbildungen auffasst, welche durch krankhafte Vorgänge im Keime oder durch mechanische Einflüsse auf denselben bedingt sind, war man bestrebt, durch das Experiment die Bestätigung für die angeführte Auffassung der Missbildungen zu liefern.

Die Versuche wurden von Mehreren angestellt, nachdem Reaumur [1] bei seinen Experimenten über die künstliche Bebrütung der Hühnereier durch die Wärme des Backofens oder des Düngers auf vielfach vorkommende Missbildungen aufmerksam machte. Bald darauf wurde durch Geoffroy St. Hillaire [2] angegeben, dass mechanische Einflüsse die einzigen Ursachen der sich entwickelnden Missbildungen sind. Ja sogar Verwachsungen, wie sie als Monstrositäten vorkommen, können durch ähnliche Veranlassungen entstehen. Dem gegenüber hält Bischoff aufrecht, dass auch im Keime die Anlage zur Missbildung vorgebildet wäre.

---

[1] Reaumur, Art de faire éclore et d'élever en toute saison des oiseaux domestiques de toutes espèces etc. Paris MDCCCXLIX.

[2] Isidore Geoffroy Saint Hilaire. Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux etc. ou „Traité de Teratologie“. Bruxelles MDCCCXXXVII.

Ferner wurden die Missbildungen an Hühnereiern künstlich erzeugt von Valentin[1], Leukart, Dareste[2], Panum[3], Schrohe[4].

Als Ursachen ergaben sich bald die verschiedenartigsten Einflüsse, die man auf das Ei einwirken liess. Unter diesen waren die mechanischen Einwirkungen in erster Reihe, welche in entschiedenster Weise als Ursachen der Bildungsfehler angesehen werden können.

Panum zeigte in seinem ausführlichen Werke, dass die meisten der sogenannten abgestandenen Eier missbildete Embryonen enthalten.

Er benützte diese Erscheinung, um bald über ein grösseres Material von Missbildungen verfügen zu können.

Panum unterscheidet im Allgemeinen mehrere Hauptgruppen von Missbildungen, unter welchen er in erster Reihe Missbildungen der Keimscheibe bei fehlendem Embryo stellt. Unter diesen ist die sogenannte abortive Fruchthofbildung[5], ein Abschnitt, den wir gegenwärtig zum Gegenstande neuer und ausführlicher Bearbeitung machen. Es geschieht dies mit Rücksicht darauf, dass wir die neueren Methoden der Präparation bei den Embryonen hier in Anwendung bringen, mit deren Hilfe man die Missbildungen genauer untersuchen kann, wie dies in neuerer Zeit von Oellacher[6] bei den Untersuchungen der *Terata mesodidyma* von *Salmo salvelinus* geschah; ferner ist die erwähnte Missbildung (abortiver Fruchthof) eine der am häufigsten vorkommenden in bebrüteten Hühnereiern, die sowohl mit erhaltenem Embryo, als auch bei gänzlichem Fehlen desselben auftritt.

---

[1] Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Doppelmissbildungen. Vierordt's Archiv f. phis. Heilkunde. 1851.

[2] Comptes rendus 1855 und Gazette médicale 1856.

[3] Panum, Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen etc. Berlin 1860.

[4] Adam Schrohe, Inaugural-Dissertation. Untersuchungen über den Einfluss mechanischer Verletzungen auf die Entwicklung des Embryo im Hühnerei. Giessen 1862.

[5] Panum l. c. pag. 32.

[6] Oellacher J., *Terata mesodidyma* von *Salmo salvelinus*. Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. LXVIII. Bd. 1873. Oct.-Heft.

Die Missbildungen wurden an Eiern erzeugt, welche längstens am zweiten Tage der Bebrütung sich befanden, denn, es zeigte sich, dass das Gelingen einer künstlichen Missbildung durch eine angebrachte Verletzung bei jüngeren Embryonen nahezu sicher war, während man in späteren Stadien der Entwicklung Verletzungen anbringen konnte, die von keinem Nachtheile für die Entwicklung des Embryo waren, vorausgesetzt, dass der Embryo in Folge der grösseren Blutverluste nicht bald darauf todt vorgefunden ward. Es entspricht diese Thatsache dem Ausspruche Rokitansky's[1], dass die Entstehung und Entwicklung der Missbildungen in die früheste Periode des embryonalen Lebens fällt.

Auf Anrathen des Herrn Prof. Schenk wählte ich folgende Methode bei der künstlichen Erzeugung der Missbildungen. An einem Eie, welches ungefähr 24—36 Stunden bebrütet war, wurde durch die Kalkschale mit einem Grabstichel ein rundes Loch ausgebohrt, darauf wurde das ausgebohrte runde Stück der Eischale entfernt und in entsprechender Ausdehnung die Schalenhaut ausgeschnitten. An dem sich präsentirenden Embryo wurde an der einen oder an der anderen Seite mit einem Staarmesser oder Lanzenmesser ein Schnitt parallel mit dem Primitivstreifen gemacht.

Die Lage des Schnittes fiel in der Regel an eine Stelle, die zwischen dem Embryonalleibe und den daran grenzenden Theilen des ovalen Fruchthofes lag. Hierauf ward die gemachte runde Öffnung mit einem Deckgläschen bedeckt und mit Klebewachs sorgfältig verschlossen.

Das Ei ward nach dieser Procedur, die kaum länger als eine Minute Zeit in Anspruch nahm, in den Brutofen zurückgelegt und weiter künstlich bebrütet.

In den meisten Fällen zeigte sich eine Missbildung am Keime, was man schon makroskopisch durch das das Ei verschliessende Deckgläschen beobachten konnte. Nur ausnahmsweise sah man den Embryo normal sich weiter entwickeln. Wenn man in diesem Falle denselben genauer untersuchte, so war zumeist eine Verwachsung der verletzten Stelle mit der Dotterhaut

[1] Rokitansky, Lehrbuch der patholog. Anatomie. Wien 1855.

zu beobachten. Es scheint mir, als wenn die *Laesio continui* im Keime durch diese Verwachsung vollkommen paralysirt worden wäre, so dass man dadurch einem normalen Entwicklungsgange des Embryo, trotz angebrachter Verletzung, begegnete.

An den künstlich erzeugten Missbildungen, bei denen man makroskopisch keine Spur eines Embryo nachweisen konnte, bekam man zumeist Bilder, welche denen von Panum in seinem Werke Taf. I, Fig. 5, gebrachten Abbildungen am meisten gleichen, wesshalb ich eine ähnliche Figur zu bringen unterlasse, da selbe nur bis auf geringe Abänderungen kein neues Bild brachten. Jedoch boten die Querschnitte einige Erscheinungen, welche näher zu würdigen waren, wesshalb ich von drei verschiedenen missbildeten Keimen je einen Querschnitt brachte.

Der Keim, welchem der Querschnitt in Fig. 1 entnommen war, hatte anscheinend mehrere Blasen, die zum Theile von Blut umgeben waren, zum Theile aber Stätten waren, in denen das Blut vorhanden war. Man sah daher nur auffällig grosse Blasen der verschiedensten Form, welche dem Keime ein Aussehen verliehen, als wären mehrere rundliche Cysten an einander gelagert, ein Bild, das vollkommen vom normalen abweicht. Eine Spur des Embryo war nicht vorhanden. Die Andeutung eines *Sinus terminalis* war nicht zu sehen, indem die Grenze der Blutfärbung im Keime nicht scharf conturirt angedeutet war. Vom Herzen war nichts zu sehen, weder makroskopisch noch mikroskopisch, man sah auch keine Contractionen von irgend welchem Gebilde, das mit Blut gefüllt war und etwa ähnlich einem embryonalen Herzen früherer Stadien wirken könnte.

Die Durchschnitte dieses Embryo (Fig. 1) zeigten auffällig grosse Cysten (*Bl*) mit oder ohne zelligen Inhalt. In der Höhe der vierten Gehirnblase sah man einen Rest des Centralnervensystem (*c*) und an einer Seite war noch eine Andeutung einer Höhle auf dem Durchschnitte, welche ein Rest des zur Entwicklung gekommenen Labyrinthbläschens (*L*) ist. Der Embryo wurde nach 24stündiger Bebrütung operirt und nach 72 Stunden vom Beginne der Bebrütung angefangen, aus dem Brut-Apparate genommen und der Untersuchung unterzogen. Somit konnten die einzelnen angelegten Organtheile des Embryo zwei

Tage nach der Operation sich weiter entwickeln, was auch in der That an unserem Embryo geschah; insofern als am dritten Tage noch angelegte Organe oder deren Reste *c*, (*L*) vorhanden waren, die durch neugebildete blasenförmige Gebilde nicht verdrängt wurden und einem späteren Stadium entsprechend ausgebildet sind als das war, in welchem operirt wurde. So zeigt der Durchschnitt in Fig. 1 die beiden seitlichen Theile des Nervensystems massenhafter entwickelt, als nach den ersten 24 Stunden, wie dies dem Geübten sogleich in die Augen fällt. Daher kann man mit Bestimmtheit hier sagen, dass sowohl die normalen als die abnormen Gewebstheile in der Entwicklung vorangeschritten sind, und sowohl die einen als auch die anderen einen gewissen Grad von Entwicklungsfähigkeit zeigten und neben einander während der Entwicklung des Embryo bestanden. Später aber prävalirte die Blasen- und Blutraumbildung im Keime der Art, dass die Embryonalanlagen nach und nach verdrängt wurden, bis wir, wie im vorliegenden Falle, nur noch deutliche Reste von Nervensystem auf dem Querschnitte erkannten. Im Übrigen waren alle anderen Theile bereits bis zur Unkenntlichkeit verdrängt, an deren Stelle nun die blasenförmigen Gebilde (*Bl*) getreten sind.

In einer anderen Missbildung (Fig. 2), welche in der oben angeführten Weise künstlich erzeugt wurde, sah man gleichfalls ein Bild, ähnlich denen vom abortiven Bluthofe, mit auffällig grossen, hellen und dunklen Blasen, die zuweilen cystenartig über die Oberfläche des Keimes hervorragten. Im durchfallenden Lichte wurden am ganzen Embryo keine Bestandtheile erkannt, die zu den normalen des entsprechenden Stadiums gehören. Dagegen zeigte der Querschnitt Reste der *Chorda dorsalis* (*ch*). Sie scheint an dem Embryo, der vor der Operation ein normales Aussehen hatte, nach verschiedenen Richtungen gekrümmt worden zu sein, was aus dem Durchschnitte ersichtlich ist.

Als Chorda kann man dieses Gebilde ansehen, da es sowohl in der Form als auch in dem Aussehen der dieselbe bildenden Elemente der Chorda eines Hühnerembryo vom vierten Tage gleicht. Bezüglich der Lage derselben lässt sich nicht leicht etwas angeben, da die anderen Organe im Keime bis zur Unkenntlichkeit verdrängt sind. Ober- und unterhalb der Chorda findet man grössere und kleinere Räume (*Bl*), die von einem

mehr oder weniger zarten Balkennetze durchzogen sind; stellenweise waren Blutkörperchen in denselben zu beobachten.

Man sieht nun in diesem Falle, ähnlich wie bei dem vorigen Präparate (Fig. 1), dass der Keim von mehreren blasenförmigen Gebilden durchzogen ist, die erst nach der Verletzung entstanden sein müssen, da der Embryo vor der Verletzung ein normales Aussehen hatte.

Nach 36stündiger Bebrütung wurde der Embryo operirt und 74 Stunden nach der Bebrütung wurde er zur Untersuchung aus dem Brutapparate genommen.

Es genügte also nur eine verhältnissmässig kurze Zeit, bis die einzelnen Anlagen im Embryonalleibe durch die sich entwickelnden blasenförmigen Gebilde verdrängt wurden.

An den bisherigen Präparaten, die wir abbildeten, bekamen wir so weit vorgeschrittene Vorgänge der abnormen Entwicklung im Keime, dass man nicht mehr in der Lage sein kann, anzugeben, an welcher Stelle der normalen Keimanlagen man die Stätte zu suchen hat, welche den Ausgangspunkt für die den Keim verdrängenden blasenförmigen Gebilde bildet.

An den Abbildungen der Querschnitte, welche Oellacher uns brachte, sah man die Verdickung in der Missbildung, welche gegen den Keim wucherte und auf diese Weise wahrscheinlich eine Verdopplung des Keimes veranlassen konnte. Es schiene demzufolge, dass sogar Monstrositäten, wie die *Terata mesodidyma*, durch mechanische Einflüsse bedingt sein können.

Die künstliche Doppelmissbildung, wie sie Valentin zu erzeugen vermochte, fand durch die Untersuchungen von Leukart und Schrohe (l. c.) keine Unterstützung. Meine Versuche, welche ich diesbezüglich anstellte, führten zu keiner Doppelmissbildung, da mir die Embryonen, an denen ich am Schwanzende einen Einschnitt machte, parallel mit einer durch die Längsachse gelegten Linie, in der Mehrzahl der Fälle starben, oder sie führten zu einer Missbildung, in welcher die Gefässbildung den Embryonalleib gänzlich verdrängte.

Ich konnte daher in dieser Frage weniger entscheidend antworten, als über die Entstehungsweise des abortiven Fruchthofes. Die in der oben angegebenen Weise operirten Embryonen wurden kurze Zeit nach der an ihnen angebrachten Verletzung

aus dem Brutapparate gehoben. Dabei konnte man beobachten, dass einige Embryonen stellenweise, zumeist an der hinteren Körperhälfte, vollkommen normal waren, während der Kopftheil des Embryo nahezu unkenntlich war. Andere zeigten wieder ein vollständig unregelmässiges Verhalten bezüglich der normalen und abnormen Abschnitte des Körpers. In beiden Fällen konnten jene Stellen, welche die Grenze zwischen dem vollständig normalen und dem missbildeten Theile bildeten, bei genauerer Untersuchung über das Zustandekommen der Missbildung einigen Aufschluss geben, wenn man diesen Theil in Querschnitte zerlegte und diese mit denen eines normalen Embryo verglich.

Ein solcher Querschnitt eines Embryo, dessen Kopfhälfte gänzlich unkenntlich war und der in ähnlicher Weise operirt wurde, wie die Embryonen in Fig. 1 und 2, ist in Fig. 3 zu sehen. Man erkennt sogleich, dass in Fig. 3 eine unverkennbare Ähnlichkeit mit einem Querschnitte an der untern Körperhälfte eines normalen Embryo vom zweiten Tage auftritt. Nur sind die einzelnen Anlagen im Embryo nicht so vollkommen ausgebildet, wie das normaler Weise der Fall ist. Ferner findet man an der Stelle, wo man beim normal ausgebildeten Embryo die Aorta und die Gefässräume trifft, das ist im Raume zwischen der Darmfaserplatte und dem Darmdrüsenblatte, eine grössere Anzahl von unregelmässig neben einander stehenden Gefässräumen, die besonders in der einen Hälfte des Embryonalleibes viel stärker ausgebildet sind.

Eine genauere Beschreibung der Fig. 3 kann uns nähere Aufklärung über das Verhalten der einzelnen angelegten Theile des Embryo geben. An der Rückenfläche des Embryo (*R*) sieht man einen Furchendurchschnitt, welcher die Furche des Centralnervensystems (*C*) darstellt. Die Elemente, welche dasselbe begrenzen, sind nicht, wie das normaler Weise der Fall ist, zu einer verdickten Masse angehäuft. Ihnen anliegend finden sich die Gebilde des mittleren Keimblattes. Unter diesen beobachtet man im axialen Theile die *Chorda dorsalis* (*ch*) und zu beiden Seiten derselben die Urwirbel (*U*). Die *Chorda dorsalis* liegt unterhalb der Rückenfurche. Die Urwirbel sind in ihrer Lage anscheinend verschoben, indem sie mit ihrer Innenfläche gegen

den Rücken des Embryo gerichtet sind. Es hängt dies mit der abnormen Bildung des Centralnervensystems zusammen. An normalen Embryonen liegt die Innenfläche der Urwirbel den seitlichen Theilen des Centralnervensystems an, welches in einem Stadium, das dem der besprochenen Missbildung entspricht, als ein abgeschlossenes Rohr zu sehen ist. In diesem Falle liegen die seitlichen Theile des Nervensystems den Innenflächen der Urwirbel an. Im vorliegenden Falle aber ist es bei unserer Missbildung zum Abschliessen des Nervensystems nicht gekommen aus Gründen, die nicht näher gekannt sind. Die Furche des Nervensystems in der Höhe des Embryo, in welcher der Querschnitt gemacht ward, ist nicht so tief, wie an normal ausgebildeten Embryonen; während die Berührungsflächen zwischen den Urwirbeln und des Nervensystems dieselben sind, wie beim normalen. Dagegen ist die Ebene, in welcher die Berührungsfläche (*B*) liegt, mehr nach hinten gerückt, und liegt nahezu parallel mit der Rückenfläche.

Der periphere Theil des mittleren Keimblattes zeigt auf den beiden Seitentheilen ($S_I S_{II}$) ein verschiedenes Verhalten. Während auf der einen Seite (S_I) die Hautmuskelplatte (*Hp*) und Darmfaserplatte (*Dp*), ferner die zwischen beiden gelegene Höhle (*PP*, Pleuroperitonealhöhle) und die Anlage zum Ausführungsgange des Wolfschen Körpers zu sehen ist, findet man in der andern Hälfte (S_{II}) den an den Urwirbeln grenzenden Theil gänzlich ungespalten als eine solide Zellenlage, die gegen die Bauchfläche von grösseren Räumen (*Bl*) begrenzt ist. Diese sind es, welche in auffälliger Weise massenhafter auftreten, als an normalen Embryonen. Sie sind an jener Seite des Embryonalleibes in grösserer Anzahl vorhanden, an welcher der Einschnitt mit einem Lanzenmesser am normalen Embryo gemacht wurde.

Man kann die den Gebilden des mittleren Keimblattes an der Bauchfläche anliegenden Räume als Gefässräume ansehen, welche massenhafter im missbildeten Embryo, dessen Querschnitt wir beschreiben (Fig. 3), zu sehen sind, als im normalen. Nach innen von den Bluträumen sind die Elemente des Darmdrüsenblattes zu sehen, welche nicht verschieden sind von denen des normalen Embryo. Nur ist die Form des Darmes auf dem

Querschnitte abweichend vom Normalen, was wahrscheinlich mit den übrigen abnormen Verhältnissen im Keime in Zusammenhang zu bringen wäre.

Wir können den vorliegenden Embryo, der in gleicher Weise operirt wurde wie die übrigen, als ein Übergangsstadium zu jenen Missbildungen betrachten, in denen sämmtliche Embryonalgebilde durch die massenhafte Gefässraumbildung oder der Entwicklung anderer hohlraumartiger Gebilde verdrängt werden.

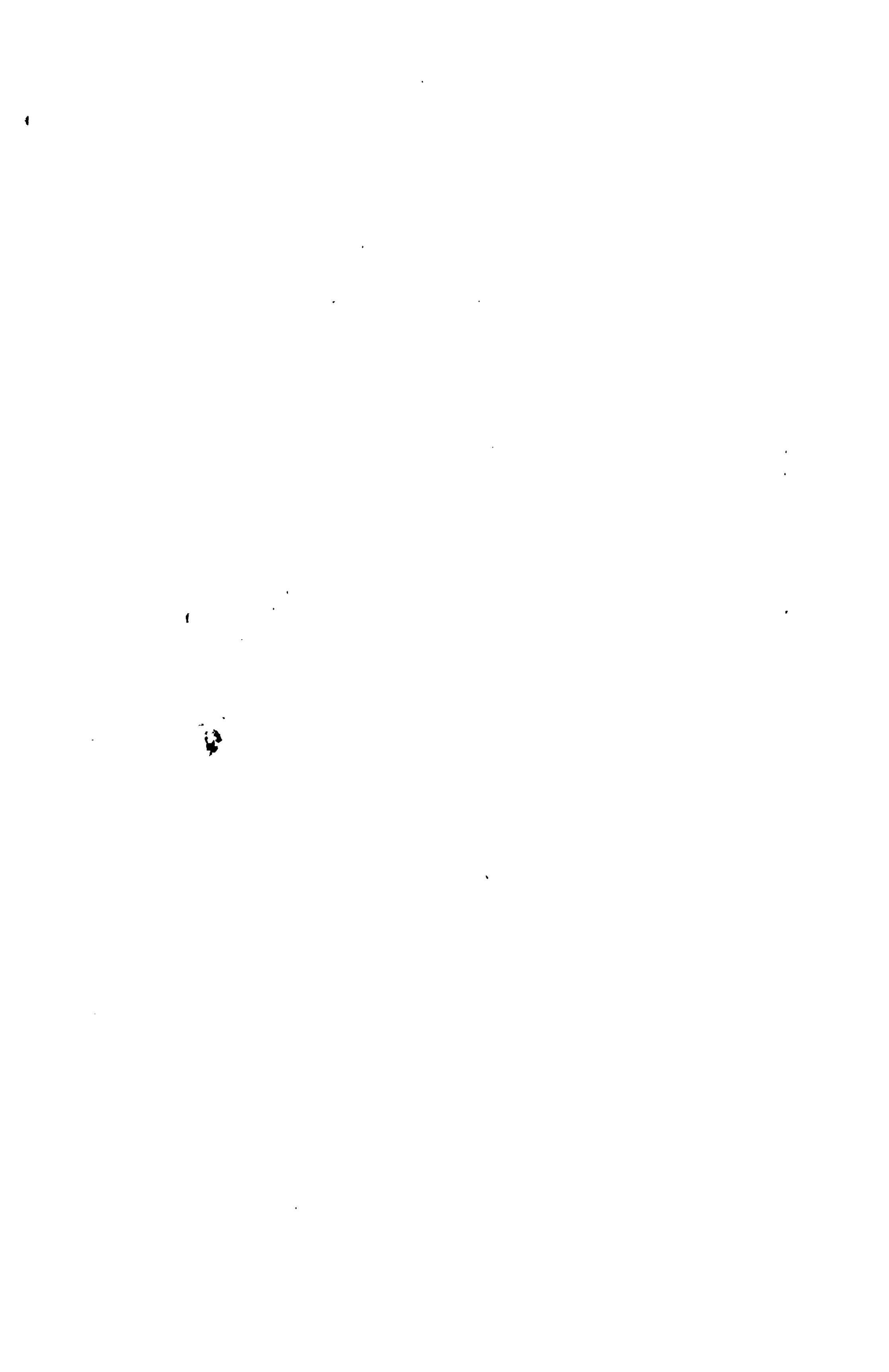
Die Hohlraumbildung begann zwischen der Darmfaserplatte und dem Darmdrüsenblatte. Bei stärkerem Wachsthume derselben, sowie bei der Vermehrung der Räume wurden die Embryonalanlagen verdrängt, indem sich die Zellenlagen, welche die angelegten Höhlen begrenzten, an einander lagerten, bei vollständigem Schwunde der Höhle.

Derartige abnorme Vorgänge sind auch von wesentlichem Einflusse auf die Anordnung der einzelnen Theile des Embryo, wodurch es zu Lageverhältnissen kommt, die auffällig vom Normalen abweichen.

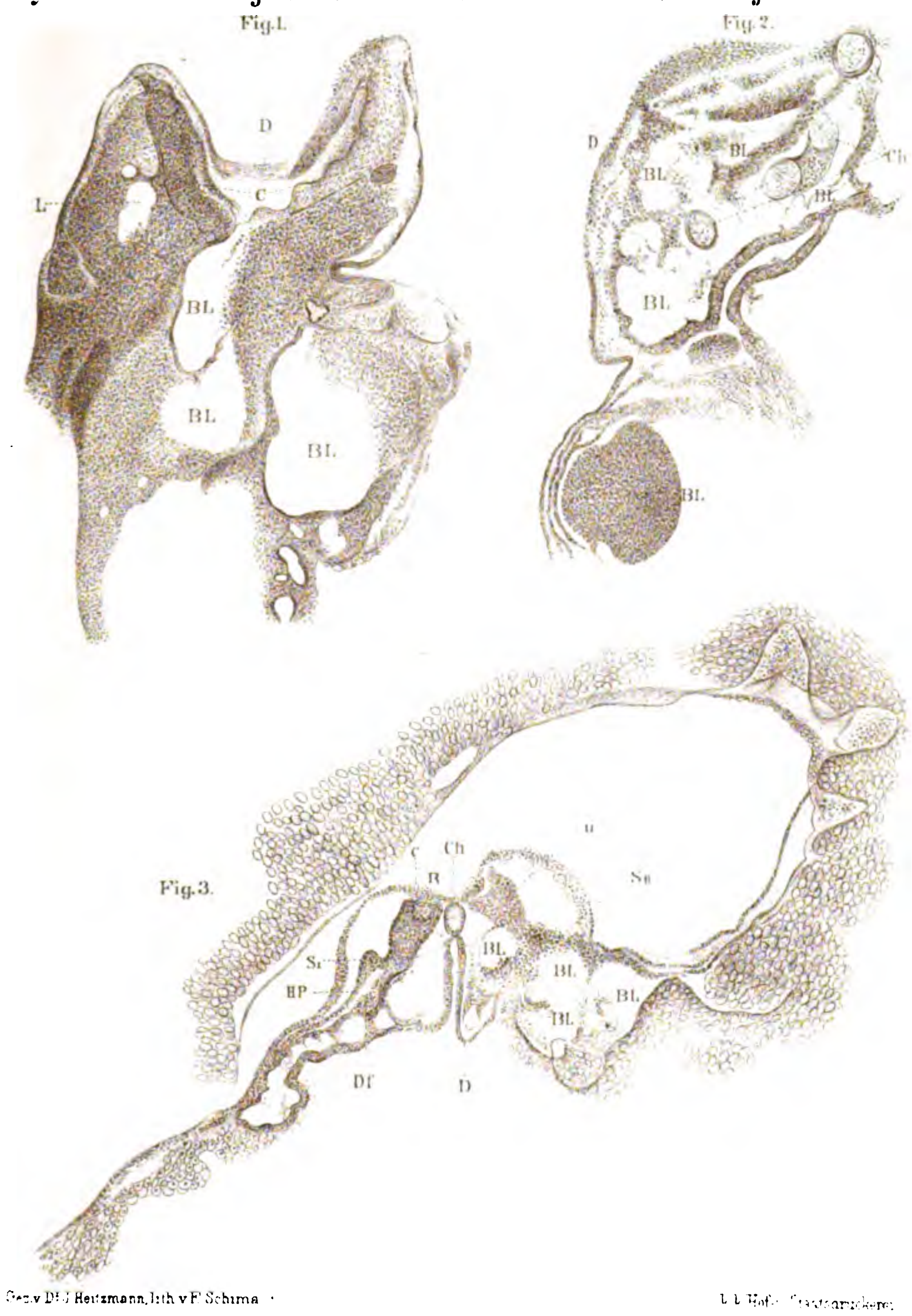
Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 und 2 stellen Durchschnitte von weit vorgeschrittenen Missbildungen des von Panum beschriebenen abortiven Fruchthotes dar.

Fig. 3 ist der Querschnitt einer in Entstehung begriffenen ähnlichen Monstrosität.



Szymkiewicz: Beitrag zur Lehre von den künstlichen Mifsbildungen.



Gez. v Dr. J. Heitzmann, lith. v F. Schima.

k. k. Hof- u. Staatsdruckerei



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXXII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

8.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XX. SITZUNG VOM 14. OCTOBER 1875.

Der Präsident begrüsst die Mitglieder der Classe bei ihrem Wiederzusammentritte.

Derselbe gedenkt der schmerzlichen Verluste, welche die Akademie und speciell die math.-naturw. Classe durch das am 29. September erfolgte Ableben des correspondirenden Mitgliedes Herrn Prälaten Dr. Augustin Reslhuber und das am 8. October erfolgte Hinscheiden des wirklichen Mitgliedes Herrn Hofrathes Dr. Heinrich Hlasiwetz erlitten hat.

Sämmtliche Anwesende drücken ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen aus.

Der Secretär legt Dankschreiben vor von Herrn Dr. Steindachner für seine Wahl zum wirklichen Mitgliede, von Herrn Charles Darwin für seine Wahl zum ausländischen Ehrenmitgliede, von den Herren A. Des Cloizeaux und C. Weierstrass für ihre Wahl zu ausländischen correspondirenden Mitgliedern, und von Herrn Prof. Emil Weyr für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede im Inlande; ferner von Herrn Dr. F. Exner für die ihm bewilligte Subvention zur Untersuchung der Leitungsfähigkeit des Tellurs, von den Directionen der Universitätsbibliothek in Innsbruck und der Communal-Unterrealschule in Kolin für bewilligte akademische Publicationen.

Se. Excellenz der Herr Curator-Stellvertreter übermittelt eine von Herrn L. H. J. Codron in Paris Sr. Majestät unterbreitete und für die Akademie bestimmte Beschreibung des von ihm erfundenen Luftschiffes.

Der Secretär legt die soeben erschienene erste Abtheilung des anthropologischen Theiles des Novara-Reisewerkes vor, welche die Cranien der Novara-Sammlung, bearbeitet von Herrn Dr. Zuckerkandl, enthält.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. Die von Herrn Prof. Barth übersendeten Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität in Innsbruck, und zwar:

„Über die Einwirkung rauchender Schwefelsäure auf Benzolsulfosäure und eine neue Benzoldisulfosäure", von Dr. L. Barth und C. Senhofer.

„Über einige Abkömmlinge der Ellagsäure", von O. Rembold.

„Über Nitroderivate des Anthraflavons", von F. Schardinger.

„Über neue Naphtalinderivate", von C. Senhofer.

„Über Tetramethylammonium-Eisencyanür", von Dr. L. Barth.

2. „Das independente Bildungsgesetz der Kettenbrüche", von Herrn Dr. Sigmund Günther, Docenten am Polytechnicum in München.

3. „Die Entwicklung des Euler'schen Algorithmus", von Herrn Leopold Klug, Oberrealschullehrer in Pressburg.

4. „Untersuchungen über die Ausscheidung von Wasserdampf bei den Pflanzen", von Herrn Karl Eder in Penzing.

5. „Über die Einwirkung des Glycerins auf Stärke bei höheren Temperaturen", von Herrn Karl Zulkowsky, Professor an der technischen Hochschule in Brünn.

6. Die von dem c. M. Herrn Prof. Pfaundler eingesandte Abhandlung: „Über die beim Lösen des salpetersauren Ammoniaks in Wasser auftretenden Wärmeerscheinungen und deren Verwerthung bei Verwendung dieses Salzes bei Kältemischungen", von Joh. Tollinger, Assistent am physikalischen Laboratorium der Universität in Innsbruck.

7. „Über die hypertrophischen Verdickungen an der Intima der Aorta" von Herrn Dr. Franz Schnopfhagen, Assistenten und Privatdocenten an der Universität Innsbruck.

8. „Über die Malfatti'sche Aufgabe und deren Construction und Verallgemeinerung von Steiner" von Herrn Dr. F. Mertens, Professor an der Universität Krakau.

9. „Über das Cinchonin" von Herrn Dr. H. Weidel, Assistenten am ersten chemischen Laboratorium der hiesigen Universität.

Herr Wilhelm Suida, Assistent am thierphysiologischen Institute der Hochschule für Bodencultur, hinterlegt ein versiegeltes Schreiben (präsentirt am 24. Juli) mit dem Ersuchen um dessen Aufbewahrung zur Sicherung seiner Priorität.

Das c. M. Herr Prof. Ludwig Boltzmann überreicht folgende drei Abhandlungen: 1. „Über das Wärmegleichgewicht von Gasen, auf welche äussere Kräfte wirken". 2. „Bemerkungen über die Wärmeleitung der Gase". 3. „Zur Integration der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique: Mémoires. Tome XL. Bruxelles, 1873; 4°. — Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers. Tomes XXXVII & XXXVIII. (1873 & 1874). Bruxelles; 4°. — Mémoires couronnés et autres Mémoires, Collection in 8°. Tome XXIII. Bruxelles, 1873. — Bulletin. 44[e] Année, 2[e] série, Tome 39. Bruxelles, 1875, 8°. — Table générale, chronologique et analytique des chartes, lettres, ordonnances traités et autres documents contenus dans les 1[re], 2[e] et 3[e] séries des Bulletins de la Commission Royale d'historie. Par J. J. E. Proost. Bruxelles, 1874; 8°. — Compte rendu des séances de la Commission Royale d'historie. IV[e] série. Tome I[re], 2[e], 3[e] & 4[e] Bulletins; Tome II[e], 1[er] & 2[e]. Bulletins. Bruxelles, 1873 & 1874; 8°. — Annuaire. 1874. XL[e] Année. Bruxelles; 8°. — Biographie nationale. Tome IV[e], 2[e] Partie. Bruxelles, 1873; 8°. — Collection de Chroniques Belges inédites. 4 Volumes. Bruxelles, 1873 & 1874; 4°.

American Journal of Science and Arts: III[d] Series. Vol. VIII, Nrs. 43—48; Vol. IX, Nrs. 49—54. New Haven, 1874 & 1875; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 21—28. Wien, 1875; 8°.

Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. IX. Jahrgang. 1874. Leipzig, 1875; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2046—2056 (Bd. 86. 6—16). Kiel, 1874; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nr. 2—12. Paris, 1875; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVIII (neuer Folge VIII) Nr. 8 & 9. Wien, 1865; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 15—18. Wien, 1875; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Zeitschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 30 bis 40. Wien, 1875; 4°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. IV, Nr. 2. London, 1875; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band XII, 1., 2., 3. & 4. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Landbote, Der steirische. 8. Jahrgang, Nr. 15—20. Graz, 1875; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1875. August- und September-Heft. Wien; 8°.

Mittheilungen des k.k. techn. & administrat. Militär-Comités. Jahrg. 1875. 7.—9. Heft, Wien; 8°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1875, Heft 2. Wien; 4°.

Moniteur scientifique du D[teur] Quesneville. 404[e] — 406[e] Livraisons. Paris, 1875; 4°.

Nature. Nr. 299—309, Vol. XII. London, 1875; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1875. XXV. Band, Nr. 2. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1875, Nr. 10—12. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". V[e] Année, 2[e] Série. Nrs. 4—14. Paris, 1875; 4°.

Societatea academica romàna: Annalile. Tomu I.—VII. Bucuresci, 1869—1875; gr. 8°. — Dictionariulu limbei romàne. Tomu I. Bucuresci, 1873; gr. 8°. — Gramatec'a limbei romàne. Parte I. analitica. De Tim. Cipariu. Bucuresci, 1870; 8°. — Operele principelui Demetriu Cantemiru. Tomu I. *Descriptio Moldaviae.* Bucuresci, 1872; 8°.

Société Royale des Sciences de Liège: Mémoires. II[e] Série. Tome IV. Bruxelles, Paris, Londres, Berlin, 1874; 8°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XIX, Nr. 6. London, 1875; 8°.

— The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 1. 1875. Part II Nr. 4. 1874. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1875, Nrs. II—V. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* N. S. Nr. 315. Calcutta, 1875; 8°. — Notices of Sanskrit Mss. by Rájendralála Mitra. Nr. IX. Vol. III, Part II. Calcutta, 1875; 8°.

Upsala, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1874/75. 8° & 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 30—40. Wien, 1875; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVII. Jahrgang. 11.—14. Heft. Wien, 1875; 4°.

Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges.

(Mit 1 Tafel.)

Von Dr. **Sigmund Exner,**
Privatdocenten und Assistenten am physiologischen Institute zu Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Juli 1875.)

Ich habe in meiner Abhandlung „Einfachste psychische Processe III" (Pflüger's Archiv, 1875) bei Gelegenheit der „kleinsten Differenz" zwischen zwei Punkten der Netzhaut einen Versuch angeführt, aus welchem, wie mir scheint, hervorgeht, dass das Erkennen einer Bewegung nicht, wie man bisher glauben musste, auf einer Wahrnehmung, sondern dass es in gewissen Fällen auf unmittelbarer Empfindung beruht. Dass ich mich hierin nicht täusche, will ich versuchen jetzt nachzuweisen.

Dabei stosse ich sogleich auf ein bedeutendes Hinderniss. Wir haben nämlich, obwohl wir im Allgemeinen recht gut wissen, wann wir von Wahrnehmung und wann wir von Empfindung zu sprechen haben, keine gut brauchbare Definition dieser Begriffe. Es geht uns mit dieser, sowie mit der Definition von Thier und Pflanze. Wir haben eine solche, können aber gelegentlich im speciellen Falle doch nicht sagen, ob ein Naturobject ein Thier oder eine Pflanze ist.

Mit denjenigen Begriffsbestimmungen von Empfindung und Wahrnehmung, in welchen das Wort „Seele" vorkommt, ist für uns nichts anzufangen, weil wir nicht wissen, wo der Autor derselben die Grenze zwischen materiellen Vorgängen in unseren nervösen Apparaten und den immateriellen Vorgängen setzt, welche Vorgänge in uns er noch zu ersteren, welche zu letzteren rechnet.

Es wird also gerechtfertigt sein, wenn wir uns an die Definition halten, welche der Meister der modernen Sinnesphysio-

logie Helmholtz gegeben hat. Dieselbe lautet[1]: „Empfindungen nennen wir die Eindrücke auf unsere Sinne, insofern sie uns als Zustände unseres Körpers (speciell unserer Nervenapparate) zum Bewusstsein kommen; Wahrnehmungen insofern wir uns aus ihnen die Vorstellung äusserer Objecte bilden“.

Auch diese Definition ermöglicht es uns nicht, im speciellen Falle zu sagen, ob wir es mit einer Empfindung oder einer Wahrnehmung zu thun haben. Helmholtz fährt nach der obigen Definition fort: „Wenn wir einen gewissen Schall auffassen, als den Klang einer Violine, so ist dies eine Wahrnehmung, wir schliessen auf die Existenz eines bestimmten Tonwerkzeuges, welches derartige Klänge hervorzubringen pflegt. Wenn wir aber diesen Klang in seine Partialtöne zu zerlegen suchen, so ist dies Sache der reinen Empfindung“. Dabei ist natürlich die Empfindung als das Primäre, die Wahrnehmung als das Secundäre gedacht, denn pag. 427 der physiolog. Optik sagt Helmholtz: „Wir benutzen die Empfindungen, welche Licht in unserem Sehnervenapparate erregt, um uns aus ihnen Vorstellungen ..... zu bilden. Dergleichen Vorstellungen nennen wir Gesichtswahrnehmungen.“

Wenn aber Jemand weder bestrebt noch befähigt ist, die Partialtöne aus dem Klange einer Violine heraus zu hören, so können dieselben keine Empfindung hervorrufen, da sie nicht zum Bewusstsein kommen. Wird dann doch der Klang Gegenstand directer Empfindung, obwohl ihm die eigentlichen Empfindungen nur zu Grunde liegen? Ja es kann sogar der Ton der Violine als solcher erkannt werden, ohne dass die Partialtöne, die doch Gegenstand der primären Empfindung sein sollen, zum Bewusstsein kommen. Es wäre das eine Wahrnehmung ohne Empfindung. Es liessen sich aus anderen Gebieten der Sinnesphysiologie viele Beispiele dieser Art anführen[2], aus welchen hervorgeht, dass bei Festhaltung dieser Definition entweder Wahrnehmungen ohne Empfindungen zugestanden, oder die Noth-

---

[1] Tonempfindungen. 2. Auflage. S. 101.

[2] Beurtheilung der Richtung des Sehens nach dem Muskelgefühl u. d. m. gehört hieher.

wendigkeit des Bewusstwerdens zum Zustandekommen einer Empfindung geläugnet werden müsste [1].

Es müssen also die Eindrücke, die dem Sensorium von den Sinnen her rapportirt und die zum Aufbau einer Wahrnehmung verwendet werden, nicht sämmtlich zum Bewusstsein kommen, d. h. nicht eigentliche Empfindungen sein. Ich weiss in der That nicht, wie im obigen Beispiele geurtheilt werden müsste.

Angenommen, wir hätten uns dahin entschieden, den Klang einer Violine, um dessen Entstehung sich der Beobachter nicht kümmert, und dessen Partialtöne er im Momente nicht hört, obwohl ihn die Aufmerksamkeit in Partialtöne zerlegen kann, als Empfindung zu betrachten, so unterscheidet sich diese Empfindung in ihrem Zustandekommen durch Nichts von der Empfindung des Weiss. Wenn man aber im Stande ist, wie ich dies vor einigen Jahren beschrieben habe [2], das lichtschwache Weiss im Nebel des dunkeln Gesichtsfeldes in die Grundfarben zu zerlegen und so durch die Aufmerksamkeit die einzelnen primären Empfindungen wachzurufen, ist dann das Weiss auch noch Gegenstand der Empfindung, oder kommt es durch eine Wahrnehmung zu Stande? Ich weiss es nicht.

Doch die Schwierigkeit mit der in Rede stehenden Begriffsbestimmung zu hantiren, liegt noch in anderen Dingen:

Gesetzt den Fall, in einem Krankenzimmer liegen zwei Patienten. Der eine klagt darüber, dass es im Zimmer kalt sei, der andere klagt, dass ihm kalt sei. Hat der erste wirklich eine Wahrnehmung und der zweite éine Empfindung? Und hat wirklich der zweite desshalb eine Empfindung, weil er sich erinnert, einmal gelesen zu haben, dass das Kältegefühl von mangelhafter Blutzufuhr nach der Haut herrührt, und dass eine solche Circulationsstörung beim Fieber auftritt.

Ich glaube nicht, dass man sich entschliessen würde, in diesem Falle, bei dem man es offenbar mit bis an die höchsten Sphären psychischer Thätigkeit identischen Processen zu thun

[1] Eine ähnliche Analyse dieses Beispiels, nur zu anderen Zwecken verwendet, findet sich in einer Inauguraldissertation: „Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit“ von G. E. Müller. Leipzig bei Edelmann.

[2] Pflüger's Archiv I, pag. 388.

hat, einen so einschneidenden Unterschied zu constatiren, wie der zwischen Empfindung und Wahrnehmung im Allgemeinen ist.

Ich zweifle nicht, dass Helmholtz und andere Autoren die Halbheit dieser und ähnlicher Begriffsbestimmungen wohl gekannt haben. Es ist eben nicht möglich, im Gebiete der modernen Sinnes- und Gehirnphysiologie mit einer Nomenclatur und einem System zu arbeiten, die einer im Grunde gänzlich verschiedenen Wissenschaft entnommen sind. Wir müssen uns derartige Widersprüche so lange gefallen lassen, bis wir uns ein eigenes System geschaffen haben.

Hier hat es sich nur darum gehandelt, nachzuweisen, warum es nicht in meiner Absicht liegen kann, den Vorgang, der beim Sehen einer Bewegung in unseren Nervenapparaten stattfindet, unter die Definition der Empfindung zu zwängen.

Es wird genügen, wenn ich nachweise, dass dieser physiologische Process sich durch gewisse, allgemein den Empfindungen zugesprochene Eigenthümlichkeiten charakterisirt.

Solche Eigenthümlichkeiten sind: 1. Eine reine Empfindung lässt sich in keiner Weise beschreiben.

Jede Beschreibung beruht auf Vergleichung mit gehabten Empfindungen. In unserem Sensorium charakterisirt sich aber eine bestimmte Empfindung nur dadurch, dass sie anders ist, als alle anderen Empfindungen, sie kann also auch keinen Vergleichspunkt haben.

2. Da die Empfindung immer das Primäre, die Wahrnehmung das Secundäre ist, so muss die Schärfe und Genauigkeit der letzteren durch die Schärfe und Genauigkeit der ersteren bedingt sein.

Ich komme endlich zu meinem Thema. Obwohl ich nirgends, ausser bei Vierordt,[1] eine Meinungsäusserung über das Sehen von Bewegungen finde, glaube ich doch wohl annehmen zu dürfen, dass man sich im Allgemeinen so wie dieser Forscher das Zustandekommen desselben, als das Resultat einer Gesichtswahrnehmung etwa folgendermassen vorstellt:

[1] Zeitsinn. Tübingen, 1868.

Das Auge sieht einen Gegenstand im Momente t_1 am Ort im Raume a_1, in t_2, in a_2, in t_3, in a_3 u. s. w. Es wird nun der Schluss gezogen, der Körper habe sich von a_1 nach a_3 u. s. w. bewegt.[1] Liegen diese Punkte der Orientirung im Raume gemäss in einer geraden Linie, so hat sich der Körper geradlinig bewegt, liegen sie in einer Curve, so hat er sich in dieser Curve bewegt.

Da schon die Richtung, in welcher ich den Körper in jedem Momente sehe, auf einer Wahrnehmung beruht, so muss das Erkennen der Bewegung umsomehr Gegenstand der Wahrnehmung sein.

Ich behaupte nun: ausser der oben geschilderten, nur bei langsamen Bewegungen vorkommenden Wahrnehmung gibt es nun auch eine Bewegungsempfindung. Ich folgere dies aus folgenden Umständen:

1. Ich setze eine schwarze Scheibe, auf welcher ein Durchmesser in Weiss gezogen ist, in Rotation, so dass sie sich mit einer Winkelgeschwindigkeit dreht, etwa von der Grösse der Winkelgeschwindigkeit des Minutenzeigers einer Uhr. Ich erkenne die Bewegung, und zwar dadurch, dass ich den weissen Streifen in verschiedenen Momenten in verschiedener Lage finde; ich erkenne sie auch dann durch den genannten Umstand, wenn ich den Streifen dauernd im Auge behalte. Steigere ich aber die Winkelgeschwindigkeit, so kommt ein Moment, wo sich der Eindruck, den ich habe, wesentlich ändert. Er ändert sich in der Art, dass der Unbefangene unwillkürlich geneigt ist zu sagen, jetzt s e h e er die Bewegung, früher habe er sie nur erschlossen.

Der Eindruck bei langsamer Rotation war typische Wahrnehmung. Das, wodurch sich der zweite Eindruck von dieser unterscheidet, lässt sich in keiner Weise beschreiben, trägt also den Stempel der reinen E m p f i n d u n g.

Es gibt für die Bewegungsempfindung, sowie für jede andere Empfindung eine Schwelle.

---

[1] Dass diese Punkte beträchtlich von einander entfernt sein müssen und jeder selbständig aufgefasst werden muss, während die Nachbarpunkte eine unwesentliche Rolle spielen, scheint eine specielle Auffassung V i e r o r d t's zu sein.

Man glaube nicht, diesen Unterschied beschrieben zu haben, wenn man sagt, die Locomotion sei nur eine schnellere. Das ist der Unterschied zwischen der Bewegung des Stunden- und Minutenzeigers, dieser ist quantitativ. Der Unterschied zwischen der Bewegung des Minutenzeigers und jenes schneller gedrehten weissen Streifens ist aber für den Beobachter ein qualitativer.

2. Ein analoger Versuch, der von J. Czermak herrührt,[1] ist folgender: Fixirt man den schleichenden Secundenzeiger einer Taschenuhr, so sieht man seine Bewegung. Bringt man ihn dann in das indirecte Sehen — indem man etwa den Rand der Uhr fixirt, — so ändert sich der Eindruck. Man sieht auch jetzt noch, dass er in verschiedenen Momenten an verschiedenen Stellen ist, man sieht, wie er nach der Reihe mit den Strichen des Zifferblattes zusammenfällt, man sieht, wie er in der Minute eine Umdrehung vollendet, aber man empfindet nicht mehr die Bewegung, man nimmt sie wahr.

Es ist dies ein Versuch, der immer mit Leichtigkeit anzustellen ist, und der den Unterschied zwischen Bewegungsempfindung und Bewegungswahrnehmung klar zu machen geeignet ist.[2]

3. Hieher gehört der oben erwähnte Versuch über das Sehen von Bewegungen. Tritt ein Lichtblitz im Punkte a des Sehfeldes auf und 0·045 Secunden später ein solcher im Punkte b, so werden sie eben noch als zeitlich verschieden erkannt. Sind diese Punkte aber Anfangs- und Endpunkte einer wirklichen oder scheinbaren Bewegung, so wird ihre zeitliche Differenz noch bei 0·014 Secunden erkannt.[3] Man sieht dann eben einen hellen Punkt sich von a nach b bewegen. Wäre also das Erkennen der Bewegung ein Act der Wahrnehmung, welcher auf dem Erkennen der zeitlichen Differenz beruht, so würde die Richtung der

---

[1] Ideen zu einer Lehre vom Zeitsinn. Wiener Akad. d. W. XXIV.

[2] Czermak beschreibt den Versuch so, als würde man die Bewegung langsamer sehen, während man doch zugleich erkennt, dass der Zeiger, in derselben Zeit wie beim Fixiren, eine Umdrehung macht.

[3] Diese Zahlen befinden sich natürlich weit ausserhalb der Grenzen der Versuchsfehler.

genannten Bewegung wegen zu grosser Geschwindigkeit nicht mehr erkannt werden können.

Hieher, in dieses noch nicht bearbeitete Capitel der physiologischen Optik, über Bewegungsempfindungen und speciell in den Abschnitt über Bewegungstäuschungen, gehört der Versuch an stroboskopischen Scheiben, und Alles, was sich diesem anschliesst.

4. So wie die Empfindlichkeit unseres Sehapparates für Zeitunterschiede in gewissen Fällen unzureichend ist, um das Erkennen der Bewegung aus derselben zu erklären, so ist es auch seine Localisationsfähigkeit. Es handelt sich hier um die peripherischen Netzhautstellen. An diesen ist die Empfindlichkeit für Bewegung relativ sehr gross, für Localisation sehr klein.

Man schiebe bei guter Fixation seinen Finger von der Schläfenseite her in das Sehfeld, und halte inne, sobald er sichtbar wird. Er ist jetzt in einer Lage, in welcher er, so lange er ruhig ist, nicht gesehen wird, in welcher aber die kleinste Bewegung, die er ausführt, sofort auffällt. Auch wenn ich mich so gegen das Fenster stelle, dass der Finger stark erleuchtet ist, erkenne ich, offenbar wegen mangelhafter Localisation, nicht einmal einen hellen Fleck. Nur bei Bewegung wird er auch in seiner Gestalt sichtbar. Hier sehe ich also zweifelsohne Bewegung zwischen zwei Punkten im Sehfeld, welche ich bei Ruhe nicht mehr als different erkenne.

Doch ist dieser Versuch nicht vorwurfsfrei. Man könnte mit Recht einwenden, dass wir desshalb ruhende Gegenstände mit der Peripherie der Netzhaut so schlecht sehen, weil dieselbe sehr rasch ermüdet, oder weil es für uns unmöglich ist, derselben unsere Aufmerksamkeit unter diesen Umständen zuzuwenden u. s. w.

Ich änderte den Versuch also folgendermassen ab: Ein nach Art einer Stimmgabel gebogener Draht trug an seinen, den Zinken entsprechenden Enden zwei Pappscheiben von je 2 Ctm. Durchmesser. Mit diesen machte ich nun einen ähnlichen Versuch wie früher mit dem Finger. Indem ich den Draht auf- und abwärts bewegte (so dass die beiden Scheiben in ihrer gegenseitigen Lage verblieben), suchte ich erstens die geringste Elon-

gation, bei welcher ich die Bewegung noch erkannte, zweitens den grössten Abstand der beiden Scheiben von einander, bei welchem ich sie während der Bewegung noch zu einem weissen Fleck verschmolzen sah; natürlich für dieselbe Netzhautstelle.

Es zeigte sich, dass die Elongation kaum halb so gross sein muss, als die Entfernung der Scheiben von einander.

Das heisst also, dass eine Bewegung, welche zwischen zwei Stellen des Sehfeldes stattfindet, noch als solche erkannt wird, wenn dieselben so nahe aneinander liegen, dass sie selbst bei Bewegung keine gesonderten Localeindrücke liefern.

Man kann diesen Versuch, wenn es sich nicht um Genauigkeit handelt, auch mit zwei Fingern seiner Hand ausführen.

Es sei ausdrücklich bemerkt, dass ich diese Versuche, um mich vor Selbsttäuschung zu hüten, mit Beihilfe meines Freundes Dr. E. Fleischl anstellte, der das Signal handhabte, und gelegentlich statt des beschriebenen ein anderes mit nur einer weissen Scheibe in mein Gesichtsfeld führte. Nur dann, wenn ich nicht angeben konnte, ob das einfache oder das doppelte Signal in Anwendung war, und es war das Letztere der Fall, wurde der Versuch als brauchbar anerkannt.

Wenn man die weisse Marke in den unteren äussersten Theil des Sehfeldes bewegt, so kann man diese Bewegung noch da erkennen, wo man die Marke überhaupt nicht mehr sieht, d. h. wo man weder etwas irgendwie Begrenztes, noch auch etwas Weisses sieht. Es klingt fast komisch, dass man nur die Bewegung, nichts Bewegtes sehen soll, doch kann ich den Eindruck, den ich habe, nicht anders beschreiben. Übrigens gehört zu diesem Versuche einige Übung im indirecten Sehen, sonst arbeitet man mit zu wenig peripheren Netzhautstellen.

5. Dass einfache Empfindungen, besonders Gesichtsempfindungen negative Nachbilder haben, ist uns geläufig. Auch in dieser Richtung verhält sich die Bewegungsempfindung eben wie eine Empfindung. Sie hat ein Nachbild, das allgemein bekannt ist. Die Plateau'sche Spirale, der Oppel'sche Apparat zeigen dasselbe. Die Helmholtz'sche Erklärung, dass hiebei Augenbewegungen mit im Spiele sind, lässt sich wohl angesichts

der Modification, welche Dvořák[1] an der Plateau'schen Spirale anbrachte, nicht mehr halten.

Ich glaube, die angeführten Thatsachen sind unvereinbar mit der Ansicht von der ausschliesslichen Bewegungswahrnehmung, die ich eingangs auseinandergesetzt habe, und sind nur vereinbar mit der Annahme einer primären Bewegungsempfindung, welche der Sehnervenapparat vermittelt, sowie er die Empfindung der Farben, der Intensität und die Localempfindungen vermittelt.

Es sind vor Allem die peripheren Netzhautstellen, deren Hauptrolle es zu sein scheint, Bewegungen zu sehen. Wenigstens weiss ich keinen Fall, in welchem diese Theile der Netzhaut unmittelbar benützt werden, ausser den, in welchem mit denselben irgendwo eine Bewegung erkannt wird.[2] Unwillkürlich wenden wir dann unseren Blick nach den Ort dieser Bewegung. Es wird also niemals beobachtet mit der Netzhautperipherie, sondern nur bemerkt.

Erwähnen will ich noch, dass es uns nicht überraschen darf, das Sehen von Bewegungen unter den primitivsten Eigenschaften unseres Auges zu finden. Wer Thiere genau beobachtet, wird finden, dass ihre Augen ihnen in erster Linie dazu dienen, Bewegungen zu erkennen.

Es steht dies vor Allem in Bezug zu den Feinden und Gefahren, vor welchen sich die Thiere durch ihre Sinne zu schützen, oder zu der lebendigen Beute, die sie zu erjagen haben.

Ich will nicht von den Insekten sprechen, bei welchen es in der That scheint, dass sie überhaupt nichts schreckt als Bewegungen; doch sind ihre Augen von besonderem Bau, von wel-

---

[1] Wiener Akad. d. Wiss. 1870. Dvořák legte auf eine Spiralscheibe eine kleinere Scheibe mit entgegengesetzt laufender Spirale, auf diese etwa noch eine. Nach Drehung dieses Systemes erhält man ein Bewegungsnachbild, welches für die verschiedenen Zonen entgegengesetzt ist.

[2] Es gehört wahrscheinlich auch die Function der Netzhautperipherie hieher, auf den Weg zu achten, den wir gehen. Bekanntlich weichen wir jedem Stein aus, ohne ihn anzublicken. Es ist eben auch das Bild des Weges auf unserer Netzhaut in Bewegung, und man kann beobachten, dass ein Mensch, der stehen geblieben war, ehe er wieder ausschreitet, den Weg wirklich anblickt.

chem wir später reden werden. Aber auch höhere Thiere zeigen Ähnliches.

Ich habe mich vielfach überzeugt, dass eine Ringelnatter *(Tropidonotus natrix)* einen Frosch nicht bemerkt, so lange er ruhig in ihrem Käfig sitzt. Macht er aber den ersten Sprung, so ist er bemerkt und alsbald gefressen.

Rehe kennen den Jäger, so lange er sich ruhig verhält, nicht. Eine Rehgais mit ihrem Jungen weidete einmal eine Viertelstunde lang vor mir, indem sie mich häufig fixirte. Ich sass ganz frei auf einem Baumstrunk, und war ihr offenbar auffallend. Schliesslich legte sich das Thier sogar vor mir nieder. Bei meiner ersten leisen Bewegung entfloh es. Man beobachte eine Katze, wie stumpfsinnig sie für ruhende Objecte ist, und wie scharf sie die geringste Bewegung auffasst.

Die Facettenaugen.

In dieser Function des Auges als Bewegung erkennendes Organ scheint mir der Schlüssel zum Verständniss des Facettenauges zu liegen.

So unzweckmässig dasselbe zur flächenhaften und räumlichen Auffassung der Aussenwelt gebaut ist, so zweckmässig dürfte sein Bau zur Erkennung von Bewegungen sein.

Das Bild jedes Gegenstandes liegt in einer ganzen Gruppe von Facettenaugen und die Lageveränderung desselben muss erkannt werden durch die Empfindungsänderung in ganzen Gruppen von Facetten.

Wenn also, was noch nicht festgestellt ist, in jedem Einzelauge auch nur ein Nervenelement endigt, so müssen wir anerkennen, dass bei aller Mangelhaftigkeit der Localisation die Bedingungen zu feiner Empfindung von Bewegungen vorhanden sind, wenn wir nur die einzelnen Sehstäbe als hinlänglich empfindlich für Differenzen der Intensität ihrer Erregung annehmen. Die Anzahl der Facetten erlaubt doch so viel Localisation, dass die Richtung einigermassen ausgiebiger Bewegungen und der Ort des bewegten Gegenstandes im Raume erkannt werden können.

Ein Facettenauge würde also nach Art unserer peripheren Netzhautstellen fungiren, es würde mangelhafte Localempfindungen und deutliche Bewegungsempfindungen liefern.

Die Anordnung der Facettenaugen in Halbkugelform, sowie die gegenseitige Stellung des Halbkugelpaares am Kopfe, liefert den Insekten und Krebsen ein Gesichtsfeld von fast 360 Graden in jedem Meridian. Wären es wirklich 360 Grade, so wäre das Blicken überflüssig. In der That können viele Crustaceen ihre Augen ein wenig bewegen.

Um nicht blos eine Behauptung aufgestellt zu haben, will ich erstens kurz darauf aufmerksam machen, dass die tägliche Beobachtung an Insekten uns lehrt, dass sie in der That fast nur Bewegungen sehen. Sie sehen zwar Hell und Dunkel, auch die Richtung derselben, denn sie fliegen nach dem Fenster und wollen durch die Glasscheibe, sie erkennen aber weder ihre Nahrung, noch ihre Feinde mit den Augen. Die Stubenfliege bestrebt sich nicht, in ein hermetisch verschlossenes Obstglas zu kommen, setzt sich ungescheut auf ausgestopfte Vögel. Blos der Geruch lockt sie und die Bewegung schreckt sie auf. Einen Schmetterling und viele andere fliegende Insekten kann man bei hinlänglich langsamer Annäherung fast oder wirklich berühren.

Zweitens will ich zeigen, dass das Facettenauge zu dem Zwecke, den ich ihm zuspreche, wirklich sehr dienlich gebaut ist.

Denken wir uns statt des ausgebildeten Facettenauges gleichsam ein primitives, in welchem eine auf einer Halbkugel angebrachte Gruppe Nervenendigungen frei dem Lichte ausgesetzt und für dasselbe empfindlich ist.

Es befinde sich auf der einen Seite dieses Auges eine Lichtflamme, dann werden die Strahlen der Flamme die Nervenelemente zum Theile unter senkrechter Incidenz, zum Theile unter schiefer Incidenz treffen, während auf der anderen Seite des Auges keine Erregung stattfindet. Es ist also dadurch die Möglichkeit gegeben, wenn auch ungenau, die Richtung der Lichtflamme zu erkennen.

Jetzt möge diese sich nach der anderen Seite bewegen, so wird da Erregung auftreten, wo früher Ruhe war und umgekehrt.

Diese successive Änderung in dem Erregungszustande der neben einander befindlichen Nervenelemente muss empfunden werden und kann, wie dies beim menschlichen Auge der Fall ist, nur als Bewegung empfunden werden; diese Empfindung muss verhältnissmässig intensiv sein, da ja eine grosse Menge von Nervenelementen an derselben betheiligt ist: alle, welche die Strahlen der Flamme treffen. Es sind in der That alle erregten Nervenelemente, welche eine Änderung des Erregungszustandes erfahren, nicht nur, wie man etwa glauben könnte, und wie es beim Säugethierauge wirklich der Fall ist, die Elemente an der Peripherie der gereizten Gruppe. Es sind deshalb alle, weil nur im Centrum dieser Gruppe die Strahlen der Flamme senkrecht auffallen, also nur hier das Maximum der Erregung ist. Nach der Peripherie nimmt die Erregung continuirlich ab. Bei Bewegung der Flamme verschiebt sich dieses Centrum höchster Erregung, desgleichen die um dasselbe liegenden Zonen gleicher Erregung. Es muss also jedes Nervenelement seinen Erregungszustand ändern. Auch die Richtung der Bewegung kann erkannt werden, da, wie wir sahen, Localisation vorhanden ist.

Nun kann sich dieses primitive Auge nach zweierlei Richtung ausbilden, erstens nach der Localisation, zweitens nach der Intensität der Empfindung.

Wären Einrichtungen getroffen, denen zufolge die Strahlen unserer Kerzenflamme weniger Nervenelemente treffen, so würde besser localisirt werden, und wären Einrichtungen da, durch welche eine grössere Anzahl der von der Flamme ausgehenden Strahlen auf dem Nervenelemente vereinigt würden, so wäre die Erregung desselben eine grössere. Es sind nun in der That solche Einrichtungen vorhanden.

Denken wir uns über jede Nervenendigung einen geschwärzten, radiär auf der Halbkugel des Auges aufsitzenden Cylinder gestülpt, so dass das empfindende Element am Grunde des Cylinders sitzt. Dann gelangen zu diesem nur solche Strahlen von der Lichtflamme, welche nahezu oder ganz parallel der Axe des Cylinders auffallen. Es wird also nur eine kleine Gruppe Nervenenden erregt, d. h. das Auge localisirt besser. Diese schwarzen Cylinder sind die Pigmentscheiden, welche jedes Einzelauge

umkleiden. Auch das Pigment, welches eine Corneafacette von der andern trennt, fungirt in derselben Weise.

In je mehr solche Facetten das Auge getheilt ist, desto besser wird es localisiren, desto grösser muss aber die Intensität des einwirkenden Lichtes sein, um in einem Elemente eine Erregung von gewisser Grösse hervorzurufen. Dem entspricht es, dass, wie Max Schultze anführt,[1] die Nachtschmetterlinge grössere Facetten haben als die Tagschmetterlinge.

Um den Verlust an Empfindungsintensität, der, wie wir sahen, durch die Facettirung entstand, zu paralysiren, dient der optische Apparat des Einzelauges. Er besteht bekanntlich aus einer Corneafacette, welche verschiedenartig gewölbt sein kann und einem im Allgemeinen kegelförmigen, stark lichtbrechenden Körper, dem Krystallkegel, welcher hinter der Cornea liegt und dessen Axe zusammenfällt mit der optischen Axe der Corneafacette. Dieser Apparat hat, wie ich die Sache ansehe, den Zweck, zu verhindern, dass das Licht, das aus einer von der Axe des Auges nicht zu weit abweichenden Richtung kommt, auf die Pigmentscheide oder auf einen anderen nicht empfindenden Theil des Augenhintergrundes falle und so für die Empfindung verloren gehe. Er bezweckt die Sammlung dieser Strahlen auf dem schmalen Sehstab.

Dieser oder ein Theil desselben muss nach der Ansicht einer Reihe von Autoren als empfindendes Element angesprochen werden. Wir haben es hier also mit einer Art Lichtcondensator, wie wir solche an unseren Mikroskopen zur Beleuchtung der Objecte anbringen, zu thun.

Beim Mikroskop soll das concentrirte Licht beleuchten, dort soll es in dem kleinen Sehstab die grösstmögliche Nervenerregung hervorrufen.

Man könnte sagen, die Natur hätte den Sehstab an seinem äusseren Ende breiter machen können, dann hätte sie das Licht nicht auf dem kleinen Querschnitt desselben vereinigen müssen. Das ist richtig, und sie hat es auch bei vielen Thieren so gethan (s. die Abbildungen Max Schultze's, Taf. II, Fig. 5 und

---

[1] Die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten. Bonn, 1868.

25 von *Scarabaeus stercorarius* und *Syrphus*), doch wäre dadurch der optische Apparat noch nicht überflüssig, da alle einzelnen Facettenaugen wegen ihrer Anordnung auf einer Kugel die Form eines abgestutzten Kegels haben müssen.

Die Lichtstrahlen müssen also gegen die Spitze des Kegels zugeführt werden. Wie dies geschieht, scheint mir für die Function des Facettenauges gleichgiltig. Es könnte geschehen durch Brechung an kugeligen Flächen; dann wird von einem äusseren Gegenstand im hinteren Brennpunkte des Systemes, der am Sehstab liegt, ein Bildchen entstehen. Dieses Bildchen ist als Zweck des optischen Apparates der Facettenaugen oftmals vermuthet und wenigstens vermeintlich [1] wirklich gesehen worden.

Nach meiner Auffassung hat dieses Bildchen keine andere Bedeutung als jenes, welches in der Höhe des mikroskopischen Präparates entsteht, wenn wir dasselbe mittelst Condensator beleuchten, oder das bei Anwendung eines Hohlspiegels an derselben Stelle entsteht. Es ist ja auch Niemandem in den Sinn gekommen, eine neue Theorie des Sehens für das Wirbelthierauge aufzustellen, seit Boll [2] nachwies, dass auch durch die Stäbchen der Tritonretina Bildchen entworfen werden. Es haben diese, wie die Facettenbilder keine Bedeutung für den Zweck, den die Strahlen zu erfüllen haben. Das, um was es sich hier handelt, ist, dass die Lichtstrahlen im Bildchen am engsten beisammen liegen, also die stärkste Empfindung verursachen können. Dass ich darin Recht habe, will ich an der Hand der Abbildungen Max Schultze's [3] nachzuweisen suchen.

Auf Tafel I, Fig. 16, findet sich ein Krystallkegel von Palämon, dessen äusseres Ende ein stumpfer Kegel ist. Durch diesen Krystallkegel kann niemals ein Bild erzeugt werden; die Strahlen, welche von einem Punkte ausgegangen sind, vereinigen sich nie wieder an einem Punkte, sie werden aber sämmtlich der Axe des Krystallkegels zugebrochen. [4] Im Innern des Krystall-

---

[1] Ich komme später auf dieses Bildchen zurück, und will vorläufig die bisher geltenden Ansichten hierüber als richtig annehmen.

[2] Du Bois-Reymond u. Reichert's Archiv. 1871.

[3] L. c.

[4] Wollte hier etwa Jemand annehmen, dass die Hornhaut, an welche

kegels befindet sich ein noch stärker lichtbrechender Abschnitt, die „Linse“. Die hintere Fläche dieser, welche, wie schon Gottsche [1] von dem Krystallkegel dieses Thieres angibt, in mehrere Kuppen gewölbt ist, würde für sich allein auch das Zustandekommen eines Bildes unmöglich machen.

Die Figuren 1 und 2 derselben Tafel zeigen Krystallkegel von *Carcinus maenas*. Dieselben sind „vierwulstig und gleichen einem Pokal“. „Am Querschnitt gleichen sie einem vierblätterigen Kleeblatt“. Sie haben also vier über die ganze Länge bis an die vordere Spitze verlaufende Einkerbungen. Ihr vorderes Ende selbst hat ein Profil, das zwischen Conus und Kugelfläche steht. Durch diesen Krystallkegel kann ebenfalls niemals ein Bild entstehen, wohl aber müssen durch denselben die Strahlen im Allgemeinen der Axe zugebrochen werden.

Ein weiterer Umstand, der das Zustandekommen guter Bilder fraglich macht, ist der, dass die Krystallkegel gewöhnlich oder immer aus vier der Länge nach zusammengekitteten Stücken bestehen, die leicht auseinanderfallen. Die Berührungsflächen sind, wie ich mich an *Hydrophilus piceus* überzeugte, an ganz frischen Krystallkegeln, die im Blute des Käfers untersucht wurden, sichtbar, und zwar nicht nur an der Oberfläche des Kegels, sondern, wie man durch Einstellung sehen kann, durch die ganze Dicke des Kegels. Die Flächen liefern deutliche Reflexe, sind also dem Zustandekommen eines Bildchens in hohem Grade hinderlich.

Es änderte an diesen Betrachtungen nichts, wenn etwa Jemand sich darauf berufen wollte, dass das Bild durch Brechung in der Hornhaut allein entsteht. Dann würde es durch die genannten Krystallkegel wieder zerstört werden.

Nach alledem wird man geneigt sein zu sagen, ich bemühte mich zwar nachzuweisen, dass theils dem Zustandekommen des Bildchens viele Hindernisse im Wege stehen, theils ein solches

---

sich dieser Krystallkegel anschliesst, an der hinteren Fläche dieselbe Gestalt und denselben Brechungsindex hat wie dieser, also eine Brechung an dieser Fläche gar nicht stattfindet, so kommt er mit dieser Hypothese bei den sogleich zu beschreibenden Fällen nicht aus.

[1] Müller's Archiv 1852.

Bildchen gar nicht entstehen kann; in vielen Fällen aber ist es da, man kann es sehen, und da ist es doch schwer zu glauben, dass es als solches keine Rolle zu spielen hat, dass es nicht eine ähnliche Rolle zu spielen hat wie das Netzhautbild der Wirbelthieraugen.

Gottsche[1] beschreibt es ausführlich, wie es scheint, in der Meinung, es entdeckt zu haben[2]. Er gibt eine Vorschrift, wie man es bei der Fliege darzustellen habe, und sagt, er erkenne im Bildchen die Verzierungen einer Stahlfeder etc. Aus einer Anmerkung, welche Johannes Müller diesem Aufsatze Gottsche's beigefügt hat, glaubte man entnehmen zu können[3], dass er sich bestimmt gefühlt habe, seine Ansichten vom Sehen des Facettenauges in Folge der neuen Mittheilungen über das Bildchen aufzugeben. Es lohnt sich also wohl, dieses Facettenbildchen etwas genauer ins Auge zu fassen, und zu studiren, ob es als Netzhautbild fungiren kann.

Ich habe das Facettenbild der Fliege nach der Vorschrift Gottsche's wiederholt hervorgerufen. Doch liess die Reinheit dieses Bildes noch manches zu wünschen übrig.

Die schönsten Bilder, die ich an einem Facettenauge überhaupt zu Stande brachte, sind die von *Hydrophilus piceus*, und diese Bilder benützte ich also auch, das Facettenbild im Allgemeinen genauer zu studiren. Eignet es sich zu einem Netzhautbild? Wir haben nach unseren vorläufigen Kenntnissen kein Recht, diese Frage zu bejahen, aus folgenden Gründen:

1. Ich mache nachstehenden Versuch: Eine Convexlinse von 2 Zoll Brennweite bringe ich im Hintergrunde des Zimmers an, so dass ich durch dieselbe, oder besser, hinter derselben, das Bild des Fensterkreuzes sehen kann; zwischen Fenster und Linse, 8 Zoll von letzterer entfernt, setze ich senkrecht einen Bleistift. Befindet sich mein Auge circa einen Fuss hinter der Linse, so sieht es das Fenster und innerhalb desselben den Bleistift merklich gleich deutlich. Nun fange ich das Bild des Fensters auf einem durchscheinenden Schirm auf und vermisse

---

[1] Müller's Archiv, 1852.

[2] Es war schon Leeuvenhök u. a. bekannt.

[3] Leidig. Das Auge der Gliederthiere. Tübingen, 1864, pag. 45.

vollständig das Bild des Bleistiftes. Schiebe ich den Schirm um 2—3 Zoll weiter von der Linse weg, so erhalte ich das Bild des Bleistiftes, und vom Fenster nur mehr einen verwaschenen hellen Fleck als Bild.

Dieser keiner weiteren Erläuterung bedürftige Versuch soll hier nun daran erinnern, wie sehr sich ein Luftbild, das für unser Auge merklich scharf ist, von einem scharfen aufgefangenen Bilde unterscheidet. Das Facettenbild kennen wir nur als Luftbild, das Netzhautbild kennen wir als aufgefangenes Bild.

Ich folgere: Während das Netzhautbild merklich in einer Ebene liegt[1], haben wir vorläufig keinen Anhaltspunkt, dasselbe vom Facettenbilde anzunehmen. Die Antheile dieses Bildes, die wir deutlich sehen, liegen vielleicht in sehr verschiedenen Ebenen (welche natürlich senkrecht auf die optische Axe des Facettenauges gedacht sind). Würden wir also dieses Bild mit einem Schirm auffangen können, so würden wir vielleicht immer nur einen unverhältnissmässig kleinen Antheil desselben deutlich bekommen. Hierdurch wäre es aber als Netzhautbild im gewöhnlichen Sinne unbrauchbar.

Ich sagte eben, dass das Bild des Facettenauges vielleicht in „sehr verschiedenen Ebenen" liegt. Es kann zwar kaum zweifelhaft sein, was ich mit diesem Ausdrucke sagen will. Ich meine, dass ein Punkt des Gegenstandes schon einen starken Zerstreuungskreis auf einer Ebene entwirft, auf welcher ein anderer Punkt des Gegenstandes noch ein deutliches Bild liefert.

Wir können zwar mit dem Mikroskope, unter dem wir das Bild beobachten, ziemlich genau auf verschiedene Ebenen einstellen, doch reicht diese Genauigkeit nicht hin, um die hier vorgebrachte Frage zu entscheiden. Also selbst, wenn das Bild ein ebenes zu sein scheint, was nie vollkommen der Fall ist, ist es möglicherweise als Netzhautbild noch zu wenig eben. Ich will dies genauer nachweisen.

---

[1] Es ist dies natürlich im gewöhnlichen optischen Sinne gemeint.

Ich machte mir ein Präparat des genannten Auges, legte es in Wasser, bedeckte es mit einem Deckgläschen, liess aber die Luftblase, welche Gottsche unter demselben absperrte, hinweg, da sie beim Hydrophilus nicht wie bei der Fliege zur Hervorrufung des Bildes nöthig ist. Die Beleuchtung geschah mit dem Planspiegel. Ich benützte ein Hartnack'sches Mikroskop mit den Linsen. Okul. 3 und Objt. 8. Ich hatte ausserordentlich schöne Bildchen des Fensterkreuzes.

Zwischen Fenster und Mikroskop brachte ich nun einen Schirm, der zwei Löcher von je 2 Ctm. Durchmesser hatte. Er war vom Präparat (mit Einrechnung der Distanz vom Spiegel bis zum Object) 192 Ctm. entfernt, die Distanz der beiden Löcher betrug 5·8 Ctm.

Diese Löcher nun waren im Facettenbilde noch als zwei zu erkennen. Ihre Entfernung im Bilde betrug 0·00133 Mm.

Die Entfernung des Bildchens von der hinteren Hornhautfläche betrug 0·020 Mm. Sie wurde bestimmt, indem zuerst auf die Hornhautfacette eingestellt, dann die Mikrometerschraube des Mikroskopes so lange gedreht wurde, bis das Bildchen scharf war. An dem Kopfe der Mikrometerschraube befand sich ein Zeiger, der über einer Gradtheilung strich. So lässt sich die Drehung sehr genau bestimmen und dann aus der Anzahl der Grade und dem Werth eines Schraubenganges die Entfernung ermitteln.

Endlich beträgt der Durchmesser einer Hornhautfacette 0·026 Mm. Aus den genannten Daten lässt sich berechnen, wie weit hinter der Ebene der deutlichen Bildchen unserer beiden hellen Öffnungen des Schirmes die Zerstreuungskreise derselben schon so gross sind, dass sie sich gegenseitig berühren. Es ist dies der Fall 0·014 Mm. hinter dem deutlichen Bilde derselben. Das ist eine Entfernung, welche geringer ist als die Dicke eines menschlichen Blutkörperchens. Zwei Blutkörperchen und auch mehr, welche übereinanderliegen, erscheinen uns aber mit der genannten Vergrösserung noch ganz scharf conturirt, wie viel mehr wird dies ein Facettenbildchen thun, bei welchem man immer starke Lichter an starke Schatten grenzen lässt. Wir können also aus dem mikroskopischen Befunde nicht schliessen, dass das Bildchen für ein Netzhautbild hinlänglich eben ist.

2. Aus den eben angestellten Betrachtungen folgt weiter, dass die lichtempfindliche Schichte einer Netzhaut, welche die Details an dem Bildchen wahrnehmen soll, die wir an demselben erkennen, die Dicke eines menschlichen Blutkörperchens kaum überschreiten darf. Ist sie dicker, so werden die Elemente, welche die Empfindung eines hellen Punktes in unserem Beispiele vermitteln sollen, auch schon vom Zerstreuungskreise des anderen getroffen. Die Vorstellung einer so dünnen empfindlichen Schichte scheint mir gewisse Schwierigkeiten zu haben, umsomehr, als von keinem der Untersucher des Facettenauges etwas von einer solchen Schichte, welche in der Gegend des Bildchens liegen würde, angegeben wird.

Endlich will ich noch erwähnen, dass man sich vorstellen könnte, Punkt 2 komme nicht in Betracht, weil es ja möglich ist, dass die eventuelle Netzhaut der Krümmung des Bildchens gleichsam nachginge. Die Krümmung des Bildchens könnte mit der Krümmung der Netzhaut identisch sein. Das wäre denkbar, hat aber in der Anatomie wenig Anhaltspunkte, wie diese überhaupt der Vorstellung der Perception eines Netzhautbildes keine Stütze bietet. Man bedenke, dass die Nervenfaser nach der Angabe von Max Schultze die Spitze des Krystallkegels umgreift, ja in langen Fortsätzen an derselben hinaufläuft. Eine so starke Krümmung, wie die Spitze des Krystallkegels hat, hat kein Facettenbild, diese würde man durch Einstellung sehr gut sehen.

In Boll's oben citirter Abhandlung findet sich noch eine ganze Reihe von Thatsachen anatomischer Natur, welche er gegen die Vorstellung, als läge im Grunde des Facettenauges eine Retina, ins Feld führt.

Ich bin mit meinen Anfechtungen des Facettenbildchens noch nicht zu Ende. Vielmehr komme ich jetzt dazu, nachzuweisen, dass das Facettenbild im Sinne der Autoren, also das Bild, das am Grunde des optischen Apparates des Facettenauges an der Stelle des Endes der Opticusfaser entstehen soll, noch von Niemand gesehen wurde. Ich habe die Dinge bisher so behandelt, als existirte dieses Bildchen, weil ich es für sehr möglich halte, dass es in einer oder der anderen Thierspecies

wirklich existirt. Für dieses wird dann, mit wenig Umänderungen alles das gelten, was ich eben auseinandergesetzt habe.

Das, was als Facettenbilder beschrieben wurde, und was eben auch ich als solches behandelte, sind Bilder, welche niemals im Insektenauge zu Stande kommen, es sind Bilder, welche nur von der Corneafacette allein entworfen werden, bei deren Zustandekommen der Krystallkegel vollkommen unbetheiligt ist. Schneidet man einer Fliege oder dem von mir gebrauchten Käfer eine Kuppe vom Auge herab, und legt sie auf einem Objectträger mit der Convexität nach unten, lässt durch den Planspiegel Licht auf dasselbe fallen, so sieht man zunächst keine Bilder, sondern nur einzelne sehr helle Punkte an den Stellen, an welchen man in Richtung der optischen Axe des Facettenauges durch das Präparat hindurch sieht. Es ist dies offenbar der Ausdruck der an der Krystallkegelspitze vereinigten Lichtstrahlen, welche durch den Sehstab hindurch in unser Auge gelangen. Im Übrigen ist alles schwarz von Pigment. Hinter diesem Pigment, welches Krystallkegel und Sehstab einhüllt, könnte nun das Bildchen liegen; um es zu sehen, muss das Pigment entfernt werden. Gottsche thut dies mit einer Beer'schen Stahrlanze, ich that es mit einem feinen, wenig feuchten Pinsel, während die Cornea im Wasser oder im Blute des Käfers lag. Wie immer es geschehe, es lösen sich sämmtliche Krystallkegel auf diese Weise ab, so dass man die nackten Hornhautfacetten bekommt. Ich überzeugte mich auch speciell bei der Fliege (*Musca vomitans)*, welche Gottsche benützte, dass auch bei dieser, selbst bei zarterer Behandlung, als sie Gottsche anwendete, sämmtliche Krystallkegel losgelöst und bis zur Unkenntlichkeit verunstaltet werden. Schon Max Schultze sagt: „Sehr weiche Krystallkegel besitzen die meisten Krebse und unter den Insekten die Orthopteren, Hymenopteren, Dipteren, Neuropteren und Tagschmetterlinge. Ihre Isolirung ist im frischen Zustande selbst beim Präpariren in Serum mit Schwierigkeiten verbunden, da sie eine grosse Neigung zur Zersetzung und Quellung besitzen".

Auch beim Käfer ist es mir nie gelungen, nach Entfernung des Pigmentes die hier viel derberen Krystallkegel noch an der Cornea zu sehen. Es ist also kein Zweifel, was man sah, waren

immer nur die Bildchen, welche die gewölbten Hornhautfacetten als Sammellinsen entwarfen und im Insektenauge entwerfen würden, wenn hinter ihnen nicht der Krystallkegel läge. Ein zweiter Fehler, der allgemein gemacht wurde, ist der, dass man die Augen in Flüssigkeit, Gottsche sogar in Glycerin, ansah. Dadurch muss selbstverständlich die Brechung an den Hornhautflächen wesentlich geändert werden [1].

Ich will versuchen, die Art dieses Fehlers zu bestimmen, und dabei, soweit es die Genauigkeit der Messungen zulässt, Einiges über die Dioptrik des Insektenauges beibringen. Wegen der oben angeführten Umstände wähle ich hierzu das Auge des grossen Wasserkäfers *(Hydrophilus)*. Dieser hat eine Cornea, welche an ihrer äusseren vorderen Fläche eine Facettirung nicht erkennen lässt, sie ist gleichmässig gewölbt. Die hintere Fläche ist besetzt mit Buckeln, von denen jeder einem Facettenauge entspricht und dessen Wölbung als hintere brechende Fläche der Cornea des Einzelauges fungirt.

Die Dicke dieser Einzelcornea, wie ich sie nennen will, beträgt von Scheitel zu Scheitel, an einem dünnen frischen Schnitt gemessen, 0·077 Mm. Davon entfällt auf die Höhe der Kuppe 0·0094 Mm.

Wir haben es also hier mit einer sehr dicken Linse zu thun, deren vordere Fläche an Luft, deren hintere an Wasser grenzen soll. Sind die Krümmungshalbmesser der Linsenflächen und der Brechungsindex der Linse bekannt, so lassen sich, da wir die Entfernung der brechenden Flächen schon kennen, die optischen Eigenschaften der Linse berechnen.

Den Krümmungshalbmesser der vorderen Fläche bestimmte ich auf ophthalmometrischem Wege. Doch lässt sich die gewöhnliche, für das menschliche Auge verwendete Berechnung

---

[1] Jedenfalls geschieht dies mit der Brechung an der vorderen Fläche, und die Voraussetzung, dass die Brechung an der hinteren Fläche eine solche ist wie im lebenden Auge, involvirt die Voraussetzung, dass der Brechungsindex des Krystallkegels gleich ist dem Brechungsindex des Glycerins, dass die bestehende Schichte zwischen Cornea und Krystallkegel so dünn ist, dass man sie vernachlässigen kann, oder ähnliche gewagte Voraussetzungen.

hier nicht mehr mit Sicherheit anwenden, weil die Länge des Spiegelbildes zu der des Krümmungshalbmessers zu gross ist. Ich bestimmte also auch mit dem Zirkel auf dem Schnitt und fand übereinstimmend einen Krümmungshalbmesser von 1·4 Mm.

Der Krümmungshalbmesser der hinteren Fläche wurde auf folgende Weise bestimmt: Das mikroskopische Bild eines wohlgelungenen Schnittes wurde auf Papier projicirt, da abgezeichnet, und mit dem Zirkel der Radius bestimmt. Ich fand 0·013 Mm. Der Brechungsindex wurde indirect bestimmt aus der Lage des von dem optischen Apparate entworfenen Bildes.

Die Entfernung desselben von der hinteren brechenden Fläche bestimmte ich ähnlich wie oben: Eine in beschriebener Weise präparirte Gesammtcornea ward mit der Convexität nach unten auf einen Objectträger aus Glimmer gelegt, in dem ein Loch gebohrt war. Dieses Loch überdeckte die Cornea. In die Höhlung derselben kam ein Tropfen Wasser, und dann ward sie mit einem Deckgläschen so zugedeckt, dass dieser Wassertropfen eine ebene Begrenzung hatte. Dass die vordere Corneafläche wirklich an Luft grenzte, konnte erkannt werden, indem sich die Grenze des Wassers in der Nähe des Randes der Glimmeröffnung durch den starken Reflex hervorhob. Nun wurde mit der Mikrometerschraube eingestellt auf die Grenzen zwischen den einzelnen Buckeln der mit den optischen Axen senkrecht stehenden Facetten, dann auf das Bildchen, welches eine derselben vom entfernten Fenster entwarf. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass der Planspiegel des Mikroskopes benützt werden muss.

Aus der Anzahl der Winkelgrade, um welche die Mikrometerschraube gedreht wurde und der Höhe eines Schraubenganges, sowie unter Beachtung dessen, was oben über die Höhe der Kuppe gesagt wurde, lässt sich wieder wie oben, die gesuchte Entfernung bestimmen.

Nicht in jedem Falle war ich im Stande, die Einstellung auf die Basis der Kuppe genau zu machen, oft hindern die Reflexe und Zerstreuungskreise. Bisweilen aber gelingt es, die Einstellung so scharf zu machen, dass man sich in den einzelnen Bestimmungen nicht mehr als um 3—5 Winkelgrade irrt.

Ich fand einen Brechungsexponenten von 1·82. Er steht also dem Brechungsexponenten des Flintglases (1·984 nach Herschel) nicht mehr ferne.

Aus den genannten Grössen lässt sich berechnen die erste und zweite Hauptbrennweite in Millimetern:

$$F_1 = 0{\cdot}027$$
$$F_2 = 0{\cdot}036.$$

Die Entfernung des ersten Hauptpunktes von der ersten brechenden Fläche

$$h_1 = 0{\cdot}043$$

in der Richtung der einfallenden Strahlen gerechnet.

Entfernung des zweiten Hauptpunktes von der zweiten brechenden Fläche

$$h_2 = 0{\cdot}00087$$

nach der Richtung der Strahlen vor derselben gelegen, also gerade noch innerhalb des optischen Apparates.

Man kann eine Probe auf diese Rechnung machen, wenn man die aus den gefundenen Daten berechnete Grösse des Bildchens vergleicht mit der Grösse eines gemessenen Bildchens. Ich fand in meinem Falle nach der Rechnung 0·006 Mm. und nach der Messung 0·007 Mm.

Die Differenz liegt noch innerhalb der Fehlergrenzen der Messung des Bildchens.

Übrigens scheinen, sowie in der Form der Facetten auch in den Krümmungshalbmessern der brechenden Flächen nicht unbeträchtliche Differenzen je nach der Localität im Gesammtauge vorzukommen.

Es lässt sich nun leicht bestimmen, wie das Bild liegen muss, wenn man die Hornhautfacette auf einen gewöhnlichen Objectträger in Glycerin legt. Das Bild liegt dann 0·055 Mm. von der hinteren Hornhautfläche entfernt, während diese Entfernung im Wasser 0·037 Mm. beträgt.

Die Rechnungen hierüber, sowie über das Vorhergehende, gebe ich, um die Darstellung nicht zu unterbrechen, im Anhang. Sie können, wie aus dem Obigen erhellt, nicht Anspruch auf absolute Genauigkeit machen, doch zeigen sie hinlänglich, welcher Art die Wirkung der Corneafacette ist.

Man sieht also, dass das Bild, welches durch die einzelne Hornhautfacette entworfen wird, weder da liegt, wo man es bisher gesehen hat, noch einen Anhaltspunkt zur Bestimmung des Refractionszustandes des Insektenauges gibt; Gottsche hatte gefunden, dass seine Fliege Myop sei.

Ich habe gezeigt, dass das Facettenbild, wie man sich dasselbe vorstellte, nie gesehen wurde und habe dann gezeigt, auf welche Weise das Bild, das man sieht, zu Stande kommt. Dieses in meiner Weise dargestellt, gibt Aufschluss über die Art, wie die Strahlen in der Cornea auch beim lebenden Thiere wirklich gebrochen werden.

Die Kenntniss dieses Bildes verhilft mir dazu, zu zeigen, dass das Bild, wie man sich dasselbe bisher vorgestellt hat, das am Grunde des Einzelauges an der Spitze des Krystallkegels liegen soll, nicht zu Stande kommen kann.

Denn erstens ist das Bild zu gross, so dass es keinen Platz im Krystallkegel hat: Dieser geht unten vollkommen spitz zu, so dass gar kein messbares Bild in der eigentlichen Spitze Platz hat (s. die Fig. bei *a*), doch hat er vor seiner Spitze eine geringe Anschwellung. Aber auch diese ist nur 0·011 Mm. breit und ich mass das Bildchen gelegentlich zu 0·017 Mm. Es könnte aber vielleicht ein centraler Antheil des Bildchens percipirt werden.

Ich halte auch das nicht für möglich, weil zweitens die Strahlen, welche in den Krystallkörper eindringen, viel später vereinigt werden, als es in unserem Falle geschieht, wo das letzte Medium Wasser war.

Die Hornhautfacette verdankt ihre geringe Brennweite in erster Linie dem ausserordentlich kleinen Krümmungshalbmesser der hinteren Fläche, welche an Wasser grenzte. Nun fällt die Brechung an dieser Fläche nahezu weg, denn an sie schliesst sich unmittelbar der etwas concave Krystallkegel. Dieser hat einen leider nicht bestimmbaren, aber jedenfalls sehr grossen Brechungsindex, so dass aus diesem Grunde eine Vereinigung der Strahlen an der Spitze des Krystallkegels nicht zu Stande kommen kann, umsoweniger, als das in Wasser liegende Bildchen nun 0·037 Mm. von der hinteren Hornhautfläche entfernt ist; für den Fall, dass der Krystallkegel denselben Brechungs-

index hätte wie die Cornea, und die Schichte zwischen diesen beiden unendlich dünn wäre, so würde das Bild erst in einer Entfernung von circa 3 Mm. entstehen.

Da es überaus schwer ist, zu bestimmen, ob die zwischen hinterer Hornhautfläche und Krystallkegel gelegene Schichte wirklich so dünn ist, dass sie bei der Strahlenbrechung nicht in Betracht kommt, und da ich kein Mittel weiss, den Brechungsindex des Krystallkörpers zu bestimmen, so kann ich das eben angestellte Raisonnement nicht mit Zahlen belegen; eines aber lässt sich mit Bestimmtheit sagen: die Divergenz der Hauptstrahlen, welche in der Cornea erzeugt wurde, kann durch das Dazwischentreten des Krystallkegels nicht mehr wesentlich alterirt, wahrscheinlich nur vermehrt werden, mit anderen Worten, das Bildchen, das zu Stande käme, wäre noch grösser als das, das wir in Wasser zu Stande kommen sahen, und hätte also noch weniger als dieses in der Spitze des Krystallkegels Platz; die Strahlen, welche die äusseren Theile des Bildchens bilden sollten, müssten von der Wand des Krystallkegels durch totale Reflexion zurückgeworfen werden, würden vielleicht erst nach mehrfacher Reflexion die Spitze des Krystallkegels erreichen und hier den centralen Theil des Bildchens trüben, wo nicht unkenntlich machen. (Siehe die Abbildung: das Auge II.)

Es war mir hier darum zu thun, nachzuweisen, dass uns selbst das schöne Bild des Käferauges nicht berechtigt, der gangbaren Ansicht von der Function desselben als Netzhautbild beizustimmen [1].

Jetzt will ich noch einen Umstand anführen, welcher geeignet ist, die Frage zu beleuchten, ob der optische Apparat des Facettenauges dazu dient, ein Bild zu entwerfen, oder ob er nur bestimmt ist, theils durch Brechung, theils durch totale Reflexion, die aus einer Richtung kommenden Strahlen zu concentriren.

---

[1] Über die Brechung in der Hornhautfacette sind auch Rechnungen angestellt von Bronts, Zenker, Rüte und Dor. Natürlich konnte ich dieselben zu meinen Zwecken nicht verwenden, da ich die Verhältnisse in meinem speciellen Falle verfolgen musste.

Es gibt in unseren Gegenden einen Käfer, dessen Krystallkegel mit der Cornea verwachsen sind, es ist dies das Leuchtkäferchen *Lampyris splendidula*[1]). Max Schultze gibt hierüber eine Abbildung. An der hinteren Fläche der gewölbten und facettirten Gesammtcornea sitzen wie ein Wald von Stacheln die Krystallkegel auf und lassen sich nur mit muschligem Bruch losbrechen. Man kann durch zartes Abpinseln das ganze Gebilde vom Pigment befreien. Wenn man ein solches Präparat auf den durchlöcherten Objectträger bringt und behandelt, wie ich dies oben bei der Käfercornea beschrieben habe (nur ist der Zartheit des Objectes wegen das Deckgläschen durch ein feines Glimmerplättchen zu ersetzen) und stellt dann das Mikroskop auf die Spitze der Krystallkegel ein, so sieht man die ganze Cornea schwarz und durchsäet von sehr hellen Punkten. Jeder Punkt entspricht einem Krystallkegel. Von einem Bildchen ist keine Spur.

Stellt man höher oder tiefer ein, so geht jeder helle Punkt in einen Zerstreuungkreis auseinander.

Das Schwarz zwischen den Punkten ist so vollkommen, dass man versucht ist, immer wieder Pigment zwischen den Zapfen anzunehmen; fertigt man aber aus dem untersuchten Präparat Schnitte an, die man in Profil legt, so erkennt man sogleich, dass kein Pigment da ist, legt man einen solchen Schnitt wieder um, so hat man das alte Bild. Es ist also kein Zweifel: die optischen Apparate entwerfen kein Bildchen, sondern vereinigen nur die Strahlen an der Spitze des Krystallkegels. Die totale Reflexion in diesen ist so vollkommen, dass keine merkliche Lichtmenge durch den Apparat dringt, ausser an der Spitze der Krystallkegel.

Suspendirt man das präparirte Auge in Wasser und gibt ein Deckgläschen darauf, so ändert sich das Bild. Man hat keine so scharfen Punkte mehr, man kann sogar auf ein verzerrtes sehr kleines Bildchen einstellen. Dieses Bildchen liegt gelegentlich aber nicht in der Spitze des Krystallkegels, sondern jenseits ihrer Basis, also in der Cornea oder sogar vor

---

[1] Es hatte dieses Verhalten zuerst Leidig bei *Elater noctilucus* und *Cantharis melanura* gefunden. Müller's Archiv, 1855.

derselben, und warnt also, wie vorsichtig man mit der Deutung solcher Bildchen sein muss. Wie es entsteht, kann ich nicht angeben. Übrigens wechselt, wie zu erwarten ist, in diesem Falle je nach Druck des Deckgläschens, Lage des Objectes etc. der optische Effect der Krystallkegel in hohem Grade.

Man bekommt auch Andeutungen vom Bilde des Fensterkreuzes an der Spitze des Kegels, doch ist dies dann kein eigentliches Bild, wie man daraus ersehen kann, dass es bei sehr verschiedener Einstellung nicht wesentlich verschiedene Deutlichkeit hat.

Sowohl aus der Anatomie des Facettenauges, als auch aus der optischen Untersuchung desselben scheint mir hervorzugehen, dass es in erster Linie dazu geeignet ist, Strahlen, welche aus einer gewissen Richtung kommen, an der Spitze des Krystallkegels zu vereinigen (s. die Abbildung). Es geschieht dies theils durch Brechung hauptsächlich an der vorderen und hinteren Corneafläche, theils durch totale Reflexion im Innern des Krystallkegels, in welchem das Licht, das durch die Cornea der Axe desselben zugebrochen wurde, gleichsam gefangen ist, sowie dies Prof. E. Brücke[1] für die Stäbchen der Säugethierretina nachgewiesen hat.

Die einfallenden Strahlen, deren Richtung zu sehr von der Axe des Auges abweicht, erfahren bei verschiedenen Thieren verschiedenes Schicksal. Entweder sie werden von dem Pigment absorbirt, welches zwischen den einzelnen Hornhautfacetten liegt (in der Abbildung der Strahl *mn*) oder sie werden an einer Einschnürung am oberen Ende des Krystallkegels, welche Max Schultze mit einer Iris vergleicht, durch Reflexion entfernt (s. die Abbildungen Max Schultze's von der Krabbe), oder sie werden, wie dies bei *Hydrophilus* der Fall ist, auf folgende Weise beseitigt: Das obere Ende des Krystallkegels ist 0·016 Mm. breit, während die hintere Hornhautfläche eine Basis von 0·025 Mm. hat. Der Kegel sitzt also nur dem Scheitel dieser Fläche auf. Da, wo diese vom Krystallkegel frei ist, dringen die schief auffallenden Strahlen aus dem optischen Apparat wie-

[1] Müller's Archiv, 1844.

der heraus und werden hier von dem reichlichen Pigment vernichtet (pq).

Betrachten wir noch einmal das zusammengesetzte Auge in toto, indem wir zu unserem ursprünglichen Beispiele zurückkehren. Es sieht die Kerzenflamme ziemlich localisirt durch seine Eintheilung in Facetten, es wird aber doch in einer beträchtlichen Anzahl von Einzelaugen Empfindung erregt, welche Empfindung erhöht ist durch die Lichtcondensatoren. Es ist kein Zweifel, dass das Licht der Kerzenflamme im zusammengesetzten Auge einen weit grösseren Bruchtheil sämmtlicher Nervenendigungen erregt, als im menschlichen Auge.

Dadurch aber ist es im Vortheil beim Sehen von Bewegungen: führe ich die Kerzenflamme bis zu einem gewissen Punkte weiter, so haben im Facettenauge relativ mehr Nervenendigungen ihre Erregung verloren und sind relativ mehr in Erregung versetzt worden, als im Auge des Wirbelthieres. Der Effect, der die Aufmerksamkeit auf sich ziehen soll, wird also im ersten Falle ein grösserer sein. So ist es wenigstens bei uns. Man bewege einen grossen Papierbogen im indirecten Sehen um einen Centimeter hin und her, und thue dasselbe mit einem Papierschnitzelchen, das man an die centralste Stelle des Sehfeldes bringt, welche der Papierbogen eingenommen hat. Man wird finden, dass die Bewegung des Papierbogens weit auffallender war, als die des Schnitzelchens. Einen Käfer, der durch das Gesichtsfeld fliegt, übersieht man leichter als einen Vogel, und einen kleinen Vogel wieder leichter als einen grossen.

Man könnte nun noch sagen, dass die im menschlichen Auge durch das Licht der Flamme erregten Nervenenden vom vollen Licht erregt sind, während im Facettenauge der grösste Theil, vielleicht sogar sämmtliche, die überhaupt erregt werden, je nach der Winkelgrösse der Flamme, nicht vom vollen Lichte getroffen werden. Auf das Retinaelement gelangen n u r Strahlen, welche von der Flamme ausgehen, auf das Facettenelement gelangen ausser diesen Strahlen noch eine Menge anderer, welche von der Umgebung der Flamme ausgehen — die Umgebung als heller Hintergrund gedacht.

Es wird also die Erregungsintensität, welche die Kerzenflamme hervorruft, im einzelnen Facettenelemente geringer sein als im Retinaelemente — so weit sich Erregungen an verschiedenen Organen verschiedener Thiere überhaupt vergleichen lassen. Diese geringere Erregung, könnte man sagen, mache meine ganze Deduction illusorisch.

Diesen Einwand weise ich zurück mit dem in meiner anfangs genannten Arbeit gelieferten Nachweis, dass die Genauigkeit, mit welcher wir die Bewegung eines hellen Kreises sehen, innerhalb weiter Grenzen unabhängig ist von dem Grade der Helligkeit desselben. So ist es beim Menschen; es scheint mir kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass es bei den Thieren mit Facettenaugen anders sei.

Aber mehr noch als die eben genannten Umstände möchte beim Facettenauge als Bewegung empfindender Apparat der eingangs angedeutete Umstand in Betracht kommen, demzufolge die Erregung, welche die Kerzenflamme in den Einzelaugen hervorruft, am grössten ist im Centrum des erregten Facettenbezirkes, und von diesem aus nach concentrischen Kreisen abnimmt. Macht die Kerze eine minimale Bewegung, so dass sich das Centrum z. B. um eine Facette nach rechts verschiebt, so verschiebt sich die Erregung jedes Einzelauges ebenfalls um eine Facette nach rechts, so dass jetzt jedes Einzelauge so stark erregt ist, wie bei der ersten Flammenstellung sein Nachbar zur linken Seite erregt war. Es tritt also eine Bewegungsempfindung streng genommen zwischen je zwei benachbarten Einzelaugen auf.

Was eine solche Vervielfältigung der Empfindung wirken muss, kann man sich gerade am Facettenauge anschaulich machen: wenn man ein Präparat der Cornea vor sich hat, welches die Bildchen der Fenster gut zeigt, und man bringt dann noch den Finger vor den Spiegel des Mikroskopes, so dass dessen Bild im Bilde des Fensters liegt und man macht geringe Bewegungen mit dem Finger, so sieht man ein höchst auffallendes Wogen durch das ganze Präparat. Dieselbe Bewegung in einer einzigen Facette würde man kaum bemerken.

Wie man sieht, bin ich mit meinen Ansichten über die Function des Facettenauges auf die Theorie von Joh. Müller[1] zurückgekommen, nach welcher im zusammengesetzten Auge ein aufrechtes mosaikartiges Bild der Gegenstände entsteht. Sie hatte immer den grossen Vorzug der Einfachheit vor der anderen Theorie voraus, nach welcher jene grosse Menge von Bildchen als solche die Wahrnehmung vermitteln sollten. In der That muss man eine ganze Reihe von Hypothesen aufstellen, wenn man sich eine Vorstellung bilden will über die Art, wie nach dieser eine Raumanschauung zu Stande kommen soll. Ich erinnere nur daran, dass das Müller'sche Bild immer noch in seinen Hauptzügen bestehen bleibt, trotz aller verkehrten Facettenbildchen. Ich erinnere an die enorme Kleinheit der empfindenden Elemente, die man voraussetzt, wenn man das Facettenbild mit dem Netzhautbild vergleicht. Wenn man bedenkt, dass jedes Fetttröpfchen unter dem Mikroskop ein Bildchen des Fensterkreuzes entwirft, so kann man es nicht für einen glücklichen Griff halten, blos auf die Entdeckung eines ähnlichen Bildchens hin jene Theorie verlassen zu haben. Es gebührt Boll das Verdienst, der erste gewesen zu sein, welcher aufforderte, auf den Weg Joh. Müller's zurückzukehren.

Meine Auffassung unterscheidet sich von der alten dadurch, dass ich ein Hauptgewicht auf das Sehen der Bewegungen lege; ich glaube gezeigt zu haben, dass die Unvollkommenheit der räumlichen Auffassung des Facettenauges ersetzt wird durch die Vollkommenheit in der Auffassung von Bewegungen.

---

[1] Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes. Leipzig, 1826.

ANHANG.

Der Brechungsexponent der Cornea n_2 lässt sich bestimmen aus den Formeln:[1]

$$F_2 = \frac{n_2 n_3 r_1 r_2}{N}$$

$$h_2 = \frac{n_3(n_1 - n_2) d r_2}{N},$$

worin F_2 die zweite Hauptbrennweite; $n_1\, n_2\, n_3$ die Brechungsindices der brechenden Medien, gerechnet in der Richtung des einfallenden Strahles; $r_1 r_2$ die Krümmungshalbmesser, welche positiv gerechnet sind, wenn die Convexität der Krümmung dem einfallenden Strahle zugekehrt ist; h_2 die Entfernung des zweiten Hauptpunktes des Systemes von der zweiten brechenden Fläche, positiv gerechnet, wenn der zweite Hauptpunkt im Sinne des Strahles hinter der brechenden Fläche liegt; d die Entfernung der brechenden Flächen von einander bedeuten, und

$$N = n_2(n_3 - n_2) r_1 + n_2(n_2 - n_1) r_2 - (n_3 - n_2)(n_2 - n_1) d \text{ ist.}$$

Es ist nämlich nach Messung die Entfernung des Bildchens von der hinteren Hornhautfläche = 0·037 Mm., also

$$\frac{n_2 n_3 r_1 r_2}{N} - \frac{n_3(n_1 - n_2) d r_2}{N} = 0 \cdot 037.$$

Ferner ist der Brechungsexponent der Luft n_1 = 1 gesetzt
der Krümmungsradius der vorderen Fläche . . r_1 = 1·44 Mm.
der Krümmungsradius der hinteren Fläche. . . r_2 = —0·013 Mm.
die Entfernung der brechenden Flächen von einander . . . . d = 0·077 Mm.
der Brechungsexponent des Wassers. . . . . n_3 = 1·336 Mm.

Es ergibt sich n_2 = 1·82.

[1] Ich wähle die Ausdrucksweise aus Helmholtz's „Physiologische Optik“.

Hieraus die erste Hauptbrennweite

$$F_1 = \frac{n_1 n_2 r_1 r_2}{N} = 0 \cdot 027 \text{ Mm.},$$

die zweite Hauptbrennweite [1]

$$F_2 = \frac{n_2 n_3 r_1 r_2}{N} = 0 \cdot 036.$$

Die Entfernung des ersten Hauptpunktes von der ersten brechenden Fläche

$$h_1 = \frac{n_1(n_2 - n_3) d r_1}{N} = -0 \cdot 043 \text{ Mm.}$$

d. h., nach der Wahl der Zeichen um 0·043 Mm. hinter der ersten brechenden Fläche.

Die Entfernung des zweiten Hauptpunktes von der zweiten brechenden Fläche

$$h_2 = \frac{n_3(n_1 - n_2) d r_2}{N} = -0 \cdot 00087 \text{ Mm.}$$

d. h. 0·00087 Mm. vor der zweiten brechenden Fläche (nach der Richtung der Strahlen gerechnet).

Die Probe auf die Genauigkeit dieser Rechnung lässt sich machen, indem man aus den gefundenen Daten die Grösse des Bildchens berechnet, welches die Cornea von einem gegebenen Gegenstande entwirft und die gefundene Grösse vergleicht mit der unter dem Mikroskope gemessenen Grösse dieses Bildchens

Wenn β_1 die Grösse des Gegenstandes, β_2 die des Bildes und f_1 die Entfernung des Gegenstandes ist, so verhält sich

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_1 - f_1}{F_1}.$$

---

[1] Rüte hatte für das Fliegenauge eine Hauptbrennweite von 0·000139 Mm. gefunden, freilich nach Messungen, über deren Correctheit man wegen Mangels an Angaben sich kein Urtheil bilden kann (Festschrift der med. Facultät zu Leipzig, 1861).

Es war

$$\beta_1 = 950 \text{ Mm.}$$
$$f_1 = 4500 \text{ Mm.}$$

also

$$\beta_2 = -0\ 006 \text{ Mm.}$$

Das Minuszeichen bedeutet, dass das Bild umgekehrt ist.

Das gemessene β_2 betrug 0·007 Mm. Der Unterschied liegt noch im Bereiche der Fehlergrenzen der Messung.

Die Bestimmung der Lage der Bilder für den Fall, dass die ganze Cornea in Glycerin liegt, geschah auf folgende Weise: Da die Cornea mit ihrer convexen Fläche auf dem Objectträger liegt, und diese einen relativ grossen Krümmungsradius hat, so kann man die Glycerinschichte zwischen Objectträger und Cornea vernachlässigen nach dem Satze, welcher sagt, dass eine unendlich dünne Schichte auf den Gang der Strahlen keinen Einfluss hat. Wenn wir noch für das Glas den Brechungsindex annehmen, welchen die Cornea hat (und dieser liegt innerhalb der Werthe, welche der Brechungsindex des Glases haben kann), so können wir das optische System als nur von zwei Flächen gebildet ansehen, einer vorderen ebenen, und einer hinteren vom bekantem r. Die erstere bewirkt für die zweite eine Verschiebung des Gegenstandes. Es ist

$$f_2 = -\frac{n_2}{n_1} f_1,$$

worin $n_2 = 1{\cdot}82$, $n_1 = 1$ und $f_1 = 4500$ ist. Also

$$f_2 = -8190.$$

Das Minuszeichen sagt, dass das Bild auf der Seite des Gegenstandes liegt, also eben nur eine Verschiebung gegen diesen erhalten hat.

Die Brechung an der hinteren Fläche wird ausgedrückt durch

$$\frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{r},$$

worin

$$n_1 = 1 \cdot 82$$
$$n_2 = 1 \cdot 47 \text{ (Glycerin)}$$

$$f_1 = 8190$$

$$r = -0 \cdot 013.$$

Es folgt

$$f_2 = 0 \cdot 055 \text{ Mm.}$$

Für den im Texte angeführten Fall, dass der Krystallkegel der Hornhaut unmittelbar aufsitzt und denselben Brechungsindex hat wie diese, kommt nur die Brechung an der vorderen Hornhautfläche in Betracht, und lässt sich die Entfernung des Bildes aus derselben Gleichung

$$\frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

berechnen.

Es ist dann

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1 \cdot 82$$

$$r = 1 \cdot 44$$

$$f_1 = 4500 \text{ Mm.},$$

woraus sich ergibt

$$f_2 = 3 \cdot 2 \text{ Mm.}$$

Die sämmtlichen Rechnungen beziehen sich auf einen speciellen Fall, in welchem die verwendeten Masse gefunden wurden.

Erklärung der Abbildung.

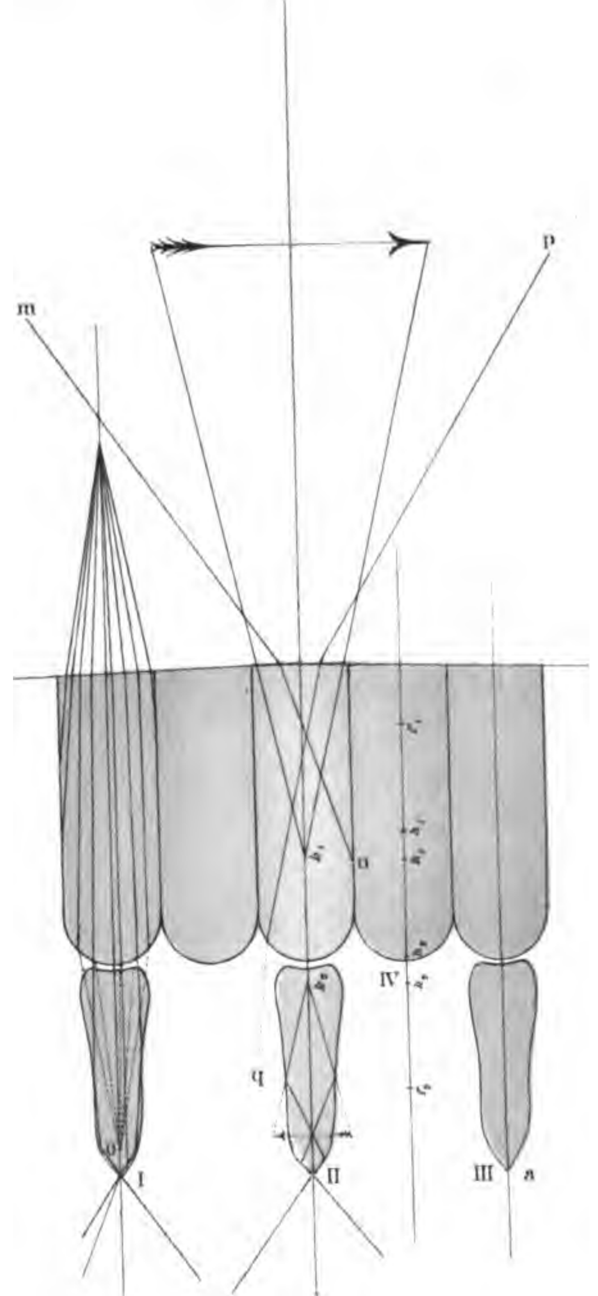
Fünf Corneafacetten von *Hydrophilus piceus*. An dreien derselben hängen die Krystallkegel. Die Masse sind genau nach der Natur; die Abbildung 500mal vergrössert.

Das Facettenauge I zeigt, wie die von einem Punkte ausgehenden Strahlen durch die Corneafacette so zusammengebrochen werden, dass sie sich, wenn der Krystallkegel nicht da wäre, im Punkte *o* vereinigten. Ist der Krystallkegel aber in seiner natürlichen Lage, so werden die Strahlen weniger stark der Axe zugebrochen, und werden durch totale Reflexion im Innern des Krystallkegels der Spitze desselben zugeführt.

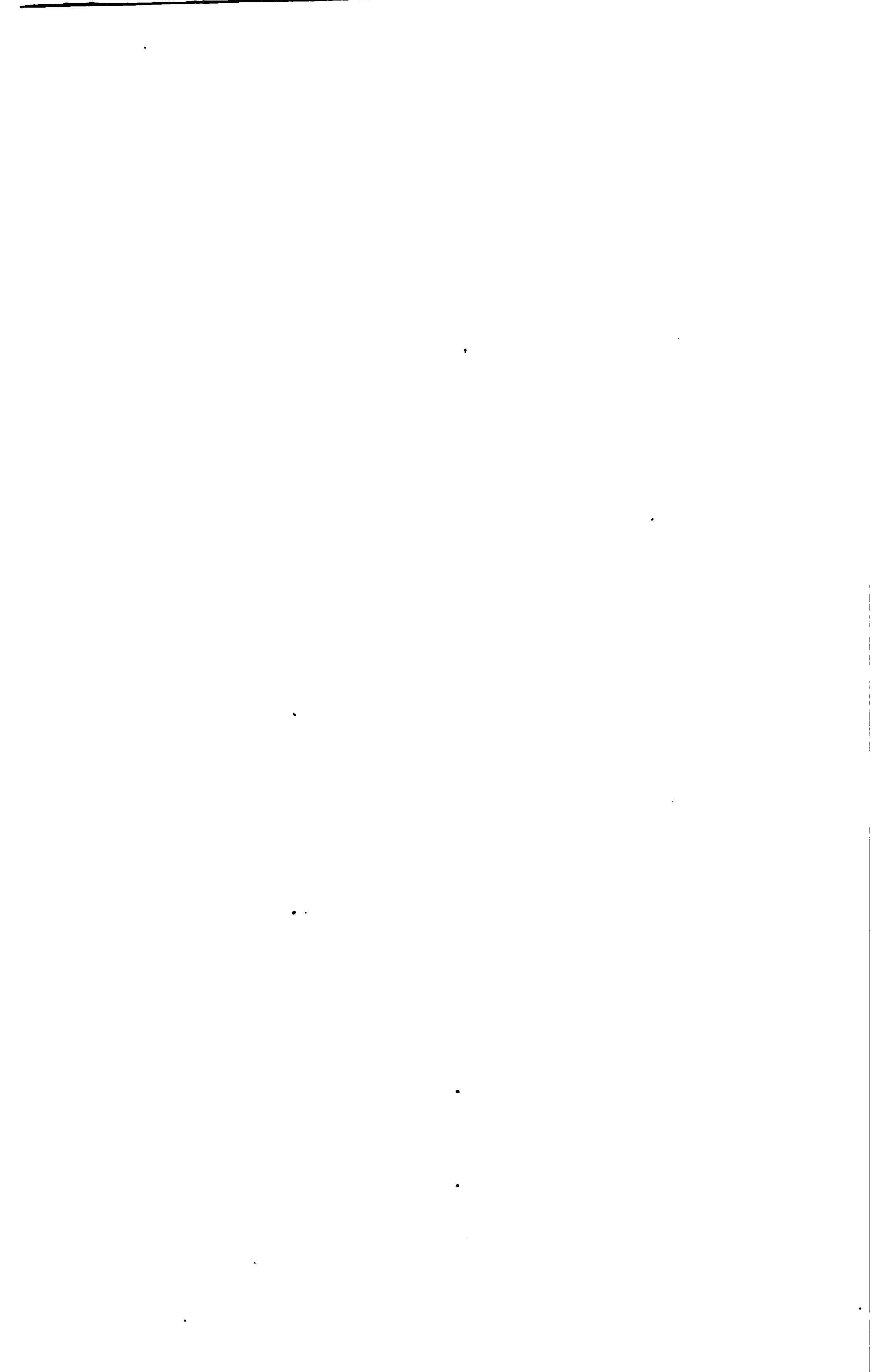
Facettenauge II zeigt, wie und wo das Bild eines Gegenstandes entstehen würde, wenn die Strahlen nur die Corneafacette zu passiren hätten, und wie das Zustandekommen des Bildes unmöglich wird, wenn der Krystallkegel seine natürliche Lage einnimmt. Der Strahl *mn* dient als Beispiel eines Strahles, der so schief einfällt, dass er durch das bei den meisten Thieren zwischen den Corneafacetten liegende Pigment absorbirt wird. Der Strahl *pq* gelangt auch ins Pigment, wo er absorbirt wird.

Facettenauge III zeigt die Gestalt der brechenden Medien.

Corneafacette IV zeigt die Lage der Brennpunkte (f_1 f_2), der Hauptpunkte (h_1, h_2) und der Knotenpunkte (k_1, k_2) einer Hornhautfacette für den Fall, dass ihre vordere Fläche an Luft, ihre hintere Fläche an Wasser grenzt.



Gez. v Verf. Lith. v Schima.
k.k. Hof- u. Staatsdruckerei.



Über die hypertrophischen Verdickungen der Intima der Aorta.

Von Dr. **Fr. Schnopfhagen,**
Assistent und Privatdocent in Innsbruck.

(Mit 3 Tafeln.)

Die vorliegende Abhandlung beschäftigt sich mit denjenigen Verdickungen an der inneren Aortenhaut, die seit Rokitansky unter dem Namen des Auflagerungsprocesses bekannt sind und von ihm unter dem Capitel Hypertrophie in ihrem mikroskopischen Baue mit grosser und meist zutreffender Genauigkeit geschildert werden; er sagt, dass diese Verdickungen durch Auswachsen der Intima zu einer pseudomembranösen Bindegewebs-Neubildung entstehen. Dem trat Virchow entgegen, indem er die Behauptung hinstellte und begründete, dass wir es mit einem auf Entzündungsvorgänge zurückzuführenden Producte zu thun hätten und sogar die von Rokitansky geschilderten und abgebildeten Maschenwerke läugnete oder wenigstens gegenüber seinen aus der Theilung der in den Lücken der Intima gelegenen Spindelzellen hervorgegangenen runden Zellen und Kernen gänzlich in den Hintergrund stellte oder als nebensächlich bezeichnete. Nach und nach wurde die Virchow'sche Auffassung allgemein angenommen und man bezeichnet heute die Erkrankung mit ihm als „*Arteritis chronica deformans s. nodosa*".

Noch ist hervorzuheben, dass sich beide Forscher betreffs des Sitzes der Verdickung gegenüberstehen, indem ersterer sie ihre Anfänge an der inneren Fläche, letzterer in den tiefen Schichten der Intima, zunächst der Muskelhaut nehmen lässt. Später wurden noch Stimmen laut, die die Verdickungen einmal erklärten als hervorgebracht durch Einwanderung weisser Blutkörperchen aus den *Vasis vasorum* her und Anhäufung derselben im Gewebe der Intima, dann andere, die meinten, es handle sich um ein Product des wuchernden Aortenendotheliums.

Diese so sich widersprechenden Darstellungen und der Umstand, dass ich bei hin und wieder vorgenommenen Untersuchungen an der frischen Aorta, die mir die eine oder die andere Ansicht zu der meinigen sollten werden lassen, bald nur noch mehr ins Schwanken gerieth, haben mich veranlasst, die Erkrankung aufmerksam und genau zu untersuchen, und was das Ergebniss meiner Arbeit ist, lege ich hier vor.

Um zunächst über den Sitz und Ausgangspunkt der Krankheit ins Klare zu kommen, genügt schon eine Untersuchung mit der Lupe und theilweise sogar mit unbewaffnetem Auge. Vor mir liegt eine aufgeschlitzte Aorta, deren Intima durch zahlreiche, flachhügelige, polsterartige, sehr allmälig und sanft ansteigende oder an der einen und andern Seite etwas steiler abfallende Buckeln uneben erscheint; diese Buckeln finden sich in der aufsteigenden Aorta und am Bogen, sowie in der absteigenden, in letzterer namentlich gerne an der hinteren Hälfte und vor allem an der Abgangsstelle grösserer und kleinerer Gefässe, deren Lumen sie verengen, ja nicht selten gänzlich verschliessen, in welchem Falle man an der entsprechenden Stelle der Verdickung ein seichtes, flaches Grübchen wahrnehmen kann.

Diese Buckeln haben an ihrer Basis eine rundliche, länglich rundliche, eine ovale Gestalt, oft überwiegt die Längsausdehnung die Breite um das Drei- bis Vierfache; ihre Grösse ist sehr verschieden und schwankt von den allerkleinsten Anfängen bis zu einer Ausbreitung über eine etliche Centimeter lange Fläche. Die Dicke ist gleichfalls oft sehr beträchtlich bis zu mehreren Millimetern. Die Farbe und Consistenz ist verschieden; man sieht namentlich die kleineren blass-grau-röthlich und weich, succulent, gequollen und gallertartig; oder sie zeigen mit Beibehaltung der Farbe eine sehnenartig glänzende, glatte Oberfläche und haben dann ein festeres Gefüge erhalten; oder sie nehmen eine mehr weisse, bläulich-weisse Farbe an und werden derber und fester, sie bekommen ein knorpelartiges Aussehen, wie man sich zutreffend ausdrückt; weitershin kann man namentlich an der dicksten Stelle, an der Kuppe des Hügels, eine gelbe Färbung bemerken, die anfänglich aus der Tiefe als kleiner Fleck durch die noch unveränderte, weisse Oberfläche durchschimmert, dann immer mehr an Ausdehnung gewinnt und

nach aufwärts vordringt, bis endlich nur noch eine ganz dünne Schichte des Gewebes über den gelben Herd wegzieht, die schliesslich auch noch durchbrochen werden kann. In manchen Fällen tritt eine gelbe Fleckung und Streifung oberflächlich auf, welche der gelben Verfärbung der unverdickten Intima gleicht und ihr auch gleichwerthig ist, mit dem Verdickungsvorgang als solchen jedoch nichts zu thun hat. Nicht selten sieht man, dass die oberflächlichen Partien eines Hügels weich und saftig sind, während die tieferen schon die verschiedenen Abänderungen zeigen, wie sie gerade beschrieben wurden und die in der eingehaltenen Aufeinanderfolge als Ausdruck des je längeren Bestandes der Verdickung anzusehen sind.

Die Umgebung der Verdickungen erscheint unverändert; oder es zeigt die Intima daselbst ebenfalls eine blass grauröthliche Farbe, ist succulent und leicht gequollen, kurz, sie erscheint bei genauer Betrachtung gerade so wie die oberflächlichsten Partien ganz jugendlicher Verdickungen; häufig sieht man dann eine fahlgelbliche Färbung durch diese gequollenen Lagen hindurchschimmern und sich unter die Verdickung hineinziehen oder aber es tritt diese gelbe Färbung unverhüllt auf; im ersten Falle sind die äusseren Intimalagen allein in Verfettung begriffen, im zweiten Falle die ganze Intima.

Veränderungen, wie sie weiterhin zu folgen pflegen, lasse ich ausser Betracht, da die genaue Untersuchung des bisher Beschriebenen genügen wird, zu zeigen, wieso die einander widersprechenden Ansichten entstehen konnten.

Ich untersuche die Aortenintima eines 20—30jährigen Individuums, an der noch gar keine Unebenheiten wahrnehmbar sind. Dieselbe erscheint mir am Dickenschnitt der Aortenwand als ein schmaler, durch seine weisse Farbe von der etwa 5—6mal so dicken Muskelhaut unterschiedener Streifen. Versuche ich nun von der Fläche die innerste Lage mit der Pincette abzuziehen, so gelingt mir dies sehr leicht. Ohne Mühe habe ich ein oder auch mehrere ganz zarte, feinste Häutchen entfernt und immer wieder eine glatte Fläche vor mir. Ich meinte die Intima entfernt zu haben, sehe aber, wenn ich jetzt den Dickenschnitt betrachte, noch immer einen Streifen, der die Farbe der Intima zeigt und von der mittleren Haut sich unterscheidet. Das weiter

fortgesetzte Abziehen wird jetzt etwas schwieriger, indem das Gefüge fester und fester wird.

Jetzt kommt endlich die fahlgelbliche Färbung der mittleren Haut zum Vorschein und zugleich mit ihr wieder eine ganz glatte Fläche; am Dickenschnitt ist der letzte Rest des Streifens, der dem Durchschnitt der Intima entspricht, verschwunden. Ich kann demnach zwei Schichten der Intima unterscheiden, eine lockere, innere, leicht und in ausgebreiteten, zarten Membranen abziehbare und eine äussere derbere Schichte. Die erstere besteht aus dem Endothelschlauch und den streifigen Lagen Kölliker's, die zweite ist die sogenannte elastische Innenhaut. Am Dickenschnitt lassen sie sich nicht von einander unterscheiden.

Nun nehme ich eine mit hügeligen Verdickungen versehene Aorta eines älteren Individuums und sehe zu, was sich zeigt, wenn ich die Verdickungen abzuziehen suche. In einiger Entfernung von einem jüngeren, noch weichen Hügel ritze ich die Innenhaut an und ziehe die innere Lage derselben ab, gegen den Hügel hin vorschreitend. Es gelingt sehr leicht. Bin ich am Hügel angelangt, so wird die Trennung schwieriger, doch mit einiger Vorsicht geht es auch hier und auf der anderen Seite des Hügels nehme ich mit Leichtigkeit noch eine Strecke weit die innere Lage weg. Der Hügel ist mitweggezogen und liegt vor mir, rings umsäumt von der zarten, innersten Intimalage, in der er allmälig sich verliert. Dort, wo er gelegen hat, ist jetzt eine ebene Fläche ersichtlich oder auch eine flache Mulde, wenn etwa die äusseren Lagen der Intima unter dem Drucke der Verdickung sich verjüngt haben oder nach auswärts gebaucht wurden; die betreffende Partie erscheint jedoch nicht so glatt wie jene, wo die zarte Membran weggezogen wurde, weil zahlreiche Fasern, welche von der Verdickung in die Tiefe stiegen und das innigere Anhaften derselben bewirkten, abgerissen werden mussten. In gleicher Weise kann man auch die knorpelartigen Verdickungen abziehen, obwohl es mit diesen meist etwas schwieriger geht. Zieht man Verdickungen ab, die eine gelb durchscheinende Farbe zeigen, so tritt sofort die gelb erscheinende Masse, welche durch Verfettung, molecularen Zerfall und Absterben des Gewebes entstanden ist, nackt zu Tage, und zwar, je nachdem sie vorgeschritten ist, zuerst als ein in der äusseren

Intimaschichte gelegener Streifen, Flecken oder Wulst, der oft entsprechend der stärksten Verdickung lagert und die Idee nahe legt, dass das Absterben wegen nicht mehr genügender Nahrungszufuhr vom grossen Gefässe her erfolgt sei; oder es zeigt sich die gelbe Farbe ausgebreiteter, über die von der Verdickung bedeckte Fläche hinausreichend, oder die Verdickung ist selbst in grösserem oder geringerem Umfange verfärbt und in einen gelben Brei verwandelt.

Nun versuche ich die Verdickung und ihr Verhalten zur Aortenwand am Querschnitt zu studiren und lege einen solchen durch einen noch nicht weit gediehenen und durchaus keine necrobiotischen Veränderungen zeigenden Hügel an. An der Adventitia ist nichts Auffälliges zu sehen; ebensowenig an der Media, die in gerader Flucht, durch ihre Farbe von der Intima deutlich geschieden, unter dieser fortläuft. Der grösste Theil der Intima selbst ist gleichfalls unverändert und nur die innerste Schichte derselben, welche am Querschnitt einem zarten Saume gleicht, ist es, aus der die Verdickung hervorgeht. (Fig. 1, 2, 3 und 4.) Indem dieser Saum allmälig breiter und breiter wird, endlich langsam seine grösste Breite erreicht hat und dann ebenso allmälig sich wieder verschmälert, bis er auf der anderen Seite als schmaler Streifen weiter zieht, entsteht eine dem Durchschnitt einer gleichmässig biconvexen, ungleichmässig biconvexen oder nahezu planconvexen Linse entsprechende Figur, deren stärkere Convexität meist gegen das Lumen des Gefässes hineinsieht, deren flachere Seite der übrigen Intima anlagert, oder so in sie übergeht, dass man von einer Begrenzung der Verdickung gegen die äusseren Intimalagen nur mehr als von einer gedachten sprechen kann. Wenn ich mir diese Figur auch im dritten Durchmesser ausgeführt denke, so bekomme ich einen linsen- oder spindelförmigen, einen mandelkernförmigen Körper. Nicht immer aber ist das Verhältniss so einfach, sondern wir treffen in grösseren Hügeln häufig Durchschnittsverhältnisse, wie sie sich durch An-, Neben- und Übereinanderlagerung von mehreren Linsen oder Spindeln ergeben. Man sieht dann, wie von der inneren Grenze einer ersten Verdickung, etwa von der Höhe des nach innen convexen Bogens sich eine neue Lage abtrennt und zu einer Verdickung anschwillt, welche die primäre

theilweise überlagert und deckt. (Fig. 3 und 4.) Das kann sich, indem immer wieder neue Lagen zu innerst sich abspalten, mehrfach wiederholen; es lagern sich den älteren Verdickungen immer wieder neue, jüngere auf, oder besser gesagt, wachsen von ihnen aus. Schematisch könnte man sich dies etwa vorstellen, wenn man sich in jedem Winkel eines Drei- oder Viereckes eine primäre Verdickung gelagert dächte; indem sie heranwachsen und grösser werden, berühren sie endlich einander und es bleiben sowohl in der Mitte, wo sich alle treffen, als auch dort, wo je zwei Verdickungen aufeinanderstossen, Vertiefungen übrig, die durch neu auswachsende Spindeln erfüllt werden. Dieses kann man sich weiter fortgehend denken, um sich den Aufbau einer Verdickung zu erklären, wie er der nach einem Dickendurchschnitt angefertigten Zeichnung von Fig. 3 und 4 entspricht. Untersuche ich nun die Dickenschnitte mit Zuhilfenahme der Brücke'schen Lupe, so erkenne ich deutlich einen faserigen Bau der Verdickung; ich sehe, wie die einzelnen Faserzüge in flachen Bögen von dem einen Ende der Spindel zum anderen hinziehen, und zwar unterscheide ich eine oberflächliche Gruppe von Faserzügen, die mit der Convexität des Bogens gegen das Lumen des Gefässes sieht, während eine andere tiefe Lage von Fasern mit der Convexität gegen die Media hingewendet ist. Es hat den Anschein, als ob der zarte Saum, an dem mit der Lupe noch keine Faserlagen wahrnehmbar sind, in Fasern nach Art der Borsten eines Pinsels auseinanderführe, die sich alle an der anderen Seite wieder vereinigen.

Bei planconvexen Verdickungen gestaltet sich der Faserverlauf so, dass über Bögen mit kleinen Radien der tieferen Lagen sich immer flacher werdende Bögen aufschichten. Ob sich Faserzüge finden, die aus dem Saume hervorgehen und in der Verdickung enden oder solche, die innerhalb der Verdickung anfangen und enden, kann man nicht sehen, doch ist es sehr wahrscheinlich, dass solche Fasern da sind.

Ich habe oben gesagt, die äussere Lage der Intima sei unverändert; dies gilt nur für die Anfangsstadien. Im weiteren Verfolge, oft schon unter einer grösser werdenden, primären Verdickung (Fig. 2) atrophirt sie, verdünnt sich unter dem Drucke des Hügels immer mehr und mehr, und kann endlich

ganz schwinden, so dass nun der Hügel in einer grösseren oder geringeren Ausdehnung der Media anliegt, wie dies an Fig. 1 zu sehen ist. Oder die unter einer Reihe kleinerer Verdickungen hinlaufenden äusseren Intimalagen begrenzen sich gegen dieselben durch eine wellenförmige Linie und durch eine eben solche, aber aus flacheren Bögen zusammengesetzte, gegen die Media (Fig. 3). Anderseits kann man auch eine Dickenzunahme dieser Lagen bemerken, welche aber nicht auf Rechnung einer wahren Hypertrophie zu setzen ist, sondern wie schon die gelbe Färbung zeigt, in einer Verfettung begründet ist. Dieser fettige Zerfall betrifft oft gerade die Lagen unter dem Hügel, häufig aber geht er auch über die Grenzen der Verdickung, wie gerade die abgezeichneten Fälle zeigen.

Die Verdickungen selbst gehen endlich eine Umwandlung ein, die als ein Absterben derselben zu bezeichnen ist. Diese Veränderung beginnt regelmässig in den derbsten und festgefügtesten Partien und da diese als die ältesten, über welche die jüngeren, wie ich gezeigt habe, sich hinüberlagern, am weitesten nach aussen liegen, so sieht man die ersten Zeichen des Zerfalls, das Auftreten einer fahlgelben Färbung oder Fleckung an einer oder mehrerer Stellen, in der Tiefe zunächst der Muskelhaut. Wenn zu der Zeit das über dem Herd wegziehende Fasergewebe bereits eine gewisse Festigkeit erlangt hat, während der Herd selbst, nachdem schon früher die äussere Intimalage atrophirte und durchbrochen wurde, unmittelbar der Media anliegt, so kann aus der Beobachtung eines derartigen Bildes sehr leicht der fälschliche Schluss gezogen werden, dass überhaupt der ganze Process von Anfang an in der äusseren Intimalage sich abgewickelt habe; ich wenigstens kann mir die dahin gehende Ansicht von Virchow nicht anders erklären. Die über dem Herd wegziehenden, nach innen convexen Faserzüge, z. B. einer einfachen spindelförmigen Verdickung, können leicht als die noch unveränderten inneren Schichten der Intima angesehen werden, eine unter dem Herd wegziehende äussere Lage der Innenhaut ist verfettet und wird nicht mehr unterschieden und ein Bild, wie Fig. 5 zeigt, erfährt nun die vorerwähnte Deutung.

Es ist vielleicht gut, wenn ich hier der Fälle erwähne, die auf den ersten Anblick mit allem bisher Gesagten in Wider-

spruch zu stehen scheinen, sich aber bei genauerer Untersuchung doch auch unter demselben Gesichtspunkte betrachten lassen. Man findet nämlich oft wirklich die Verdickung hervorgebracht durch eine spindelige Aufblähung, welche nicht ganz zu innerst liegt, über die vielmehr die allerinnersten Lamellen der Intima hinwegziehen und man könnte glauben, diese Fälle sprächen in Bezug des Sitzes der Erkrankung zu Gunsten Virchow's. Allein auch hier habe ich noch immer den Befund, dass die äussere festere Intimalage, die elastische Innenhaut unter dem Hügel liegt und die Verdickung, wenn auch nicht in den oberflächlichsten Schichten, doch noch immer in den streifigen Lagen der Intima entstanden ist.

Der Zerfall greift langsam immer weiter, gelangt endlich bis an die Oberfläche und kann schliesslich dieselbe durchbrechen. Die Zerfallsmasse ist trocken, käsig, fahlgelblich, manchmal ist ihr Kalk beigement und regelmässig tritt Cholestearin in Form von Plättchen auf, die wie Katzengold glänzen. Die Verdickungen werden während des Zerfalls noch immer grösser, und zwar desshalb, weil die Zerfallsmasse mehr Raum beansprucht als das Gewebe, aus dem sie hervorgeht; es ist ja bekannt, dass bei fettiger Entartung eine Aufblähung an jeder einzelnen Zelle wahrgenommen werden kann.

Bevor ich mit der makroskopischen Untersuchung abschliesse, muss ich noch eine kurze Schilderung der Intima geben, wenn die ersten Spuren der Erkrankung an ihr wahrnehmbar sind. Der Befund ist der Aorta eines 44 Jahre alten Mannes entnommen. An der aufgeschlitzten Aorta bemerke ich zunächst einen stärkeren lebhafteren Glanz der gequollen und saftig erscheinenden Intima. Dieselbe hat theilweise ein gallertartiges Aussehen, ist durch ganz flache Hügelchen und Wülstchen leicht uneben, die durch das zwischen ihnen sich sammelnde Blut deutlicher hervortreten. Diese innerste Schichte kann ich als eine zusammenhängende, zarte Membran leicht abziehen und es kommt nun die äussere Intimalage zum Vorschein und zeigt mir eine ganz glatte Oberfläche, sowie eine derbere Fügung. Die Muskularis ist gleichmässig dick, blass weissgelblich gefärbt und ebenso zeigt die Adventitia keine Veränderungen.

Nach Allem, was ich bis jetzt gesagt habe, glaube ich berechtigt zu sein, den Satz aufzustellen: „Die Verdickung hat ihren Sitz in den streifigen Lagen der Innenhaut und die übrige Intima, sowie eventuell auch die Media betheiligen sich an dem Vorgang erst in secundärer Weise, indem sie atrophiren oder eine fettige Degeneration eingehen.“ Es ist für die Auffassung der ganzen Erkrankung von grösster Wichtigkeit, diesen Satz festzuhalten, wie sich später zeigen wird.

Nachdem ich nun betreffs des Sitzes zu einer mit der Rokitansky'schen Lehre übereinstimmenden Anschauung gekommen bin, habe ich noch zu untersuchen, ob die Erkrankung zu bezeichnen sei als eine Hypertrophie oder ob wir sie besser mit Virchow als Entzündung ansprechen sollen und dazu bedarf es der mikroskopischen Beobachtung.

Ich beginne mit der Untersuchung einer noch ganz jugendlichen Verdickung und finde an Flächenschnitten oder besser an den mit der Pincette abgezogenen ganz feinen Häutchen, die man so zart gewinnen kann, dass die Beobachtung mit Hartnack Syst. 8. Oc. 3 recht gut möglich ist, Bilder, wie ich sie in der Zeichnung 6 möglichst naturgetreu wiedergegeben habe. Beim ersten, flüchtigsten Blick ist es klar geworden, dass wir es mit Maschen- oder Netzwerken zu thun haben, die sich zusammensetzen aus Netzknoten, von denen nach den verschiedensten Richtungen hin schmälere und breitere Balken auslaufen und aus grossen, weiten Maschenräumen oder Lücken. Bei veränderter Einstellung gewahrt man sofort, dass mehrere derartige Maschenwerke übereinander gelagert sind, die aber nicht einfach eins über dem andern liegen, sondern sich vielfältig durchsetzen, ineinander verschlingen und verflechten, in der Art, dass die Netzknoten eines und desselben Maschenwerkes in verschiedenen Tiefen sich befinden und durch Ausläufer untereinander vielfach in Verbindung stehen. Ich sehe nun genauer zu und erkenne die Knotenpunkte als ganz zarte zellige Gebilde mit einer oft sehr beträchtlichen Ausbreitung in der Fläche und einem verschwindenden Dickendurchmesser. Es sind, wenn man ihre Lage gegenüber der gesammten Gefässwand berücksichtigt, ganz platte, mit einer Fläche nach innen, mit einer nach aussen sehende Zellen, die die verschiedensten Gestalten besitzen,

deren Ausdehnung in einer Richtung meist beträchtlich überwiegt und die zahlreiche Ausläufer nach allen Richtungen, zumeist jedoch in der Fläche absenden. In ihnen ist mehr oder minder deutlich ein grosser, ovaler, heller oder dunklerer Kern ersichtlich, um den sich in geringerer oder grösserer Menge gelbe, glänzende, runde, kleine Fettkügelchen angehäuft haben, die man übrigens auch zerstreut, in dem häufig eine ganz feine Streifung zeigenden Zellenleibe oder in den Ausläufern findet, die aber ebenso häufig gänzlich fehlen und nicht zum Wesen der Sache gehören. In den obersten Netzwerken ist der Zellcharakter der Knoten viel mehr in die Augen springend als in den tieferen, obschon man auch da oft noch sehr deutlich denselben vorfindet. Die Fortsätze entwickeln sich aus dem Zellenleibe entweder allmälig, indem derselbe wie in der Richtung des Fortsatzes ausgezogen erscheint oder sie treten plötzlich aus ihm heraus. Sie verlaufen gestreckt oder in flachen Bögen, besitzen eine verschiedene, oft ganz ausserordentliche Länge, indem sie das einemal bald, das anderemal erst nach grösseren durchmessenen Strecken in einer anderen Zelle enden oder mit einem grösseren Balken sich vereinen. Die einen bleiben während ihres ganzen Verlaufes in derselben Ebene, andere wieder gehen in höher oder tiefer gelegene Schichten; sie verjüngen sich allmälig bis etwa zu ihrer Mitte und nehmen gegen die andere Zelle hin wieder zu; oder sie verlieren an Breite durch wiederholte, meist dichotomische Theilung, die unter spitzen oder stumpfen Winkeln erfolgt; dabei ist zu bemerken, dass die Theilungsäste entweder in der gleichen Ebene nebeneinander oder in verschiedenen Ebenen übereinander fortlaufen; manche Fortsätze behalten hingegen fortwährend ihre anfängliche Breite bei, ja verbreitern sich sogar auf eine längere Strecke hin und dann sieht man oft entsprechend der Stelle einen stabförmigen, auffällig langen und schmalen Kern gelagert. Die feine Strichelung tritt an den breiteren Fortsätzen noch mehr hervor als an den Zellen, während die ganz schmalen einfach hell und von zwei scharfen Conturen begrenzt erscheinen. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich die breiten als ältere, die schmalen als jüngere Fortsätze auffasse, die sich nach und nach gleichfalls verbreitern können. Ob alle Fortsätze einer Zelle in einer anderen Zelle

oder in einem Balken enden, oder ob auch manche, sich allmälig verjüngend, schliesslich frei enden, weiss ich nicht bestimmt zu sagen, glaube aber das Letztere annehmen zu dürfen.

Was findet sich nun in den Lücken der Netzwerke, in den Maschenräumen vor? Soweit diese nicht erfüllt sind von den Ausläufern, die aus höheren oder tieferen Schichten kommen, bleiben Lücken oder spaltförmige Räume übrig, in denen eine staubartige, sehr feine Molecüle zu sehen ist, die besonders deutlich an Silberpräparaten wahrnehmbar ist, deren eines ich in Fig. 9 abgebildet habe, oder die einfach blass und leicht trübe aussehen. In manchen Präparaten kann man nebstdem vereinzelte, rundliche, den weissen Blutkörperchen gleichende Zellen und rothe Blutkörperchen treffen. Veränderungen an den ersteren, die auf ein Auswachsen oder eine Umwandlung zu spindel- oder sternförmigen Zellen schliessen liessen, überhaupt progressive Vorgänge konnte ich nie gewahren; eher trugen sie Zeichen eines beginnenden Absterbens, als Auftreten von groben Körnern, einzelnen Fettkügelchen, undeutliche Conturen zur Schau. Die Lücken dürften demnach von einer im Leben und im frischen Zustand flüssigen Zwischensubstanz erfüllt sein, die sowie die beigemengten körperlichen Bestandtheile aus dem vorbeiströmenden Blute des grossen Gefässes stammen mag und, je nachdem sie in grösserer oder geringerer Menge vorhanden, jenes in verschiedenem Grade weiche, succulente und gequollene Ansehen der jugendlichen Verdickungen hervorbringt.

Die Ansicht, es sei die Succulenz der gallertartigen Verdickungen einer Imbibition aus dem vorüberströmenden Blute zuzuschreiben, wird von Virchow[1] mit grosser Bestimmtheit hingestellt.

Ich brauche kaum eigens zu erwähnen, dass über den hier geschilderten Maschenwerken das Endothel wegzieht, da ich ja schon hervorgehoben habe, es handle sich um einen in den streifigen Lagen sich abwickelnden Vorgang und so gehe ich über zur Schilderung der Verhältnisse in den tieferen Lagen.

---

[1] Rudolf Virchow, Gesammelte Abhandlungen. Seite 497 u. 500.

Indem ich ein aus der nächst tieferen Schichte gewonnenes Präparat ansehe, gewahre ich wiederum ein Maschenwerk, welches jedoch in allen Beziehungen grössere Verhältnisse zeigt. Die Knotenpunkte, sowie die von ihnen abgehenden Ausläufer haben sich in der Fläche ausgedehnt, die ersteren nach beiden Richtungen, die letzteren namentlich so, dass sie an Breite gewonnen. Die Kerne sind noch deutlich sichtbar, sowohl die ovalen der Knoten, als die länglichen stabförmigen, welche den Ausläufern auf- oder eingelagert scheinen. Die zarte Streifung von vorhin tritt bereits viel schärfer hervor und macht den Eindruck, als ob die Fortsätze sich in Fasern spalten wollten. Da die Knotenpunkte, sowie deren Ausläufer, fast möchte man sagen, gar keinen Dickendurchmesser haben, so erscheinen sie als lamellöse Gebilde, die durch Übereinanderlagerung Balkenwerke zu Stande bringen. Endlich haben auch die Maschenräume immer grössere Dimensionen angenommen und zeigen eine deutlichere und vielseitigere Begrenzung.

Je weiter ich in die Tiefe gehe, desto deutlicher werden alle diese Veränderungen, desto mehr tritt der lamellöse Bau hervor, sowie immer klarer das Bild eines Balkenwerkes erscheint, und zugleich treten mehr und mehr die runden Zellen zu Gruppen gehäuft in den Lücken auf. Endlich haben wir ein Bild vor uns, wie es Figur 7 zeigt; ein aus vielfach sich durchsetzenden Lamellen gebildetes Maschen- oder Balkenwerk, an welchem eine sehr deutliche Längsstreifung und Faserung der Balken zu ersehen, die zum Theil bereits eine sehr beträchtliche Breite besitzen. Die einzelnen streifigen Lamellen verlaufen nicht einfach so, dass sie die eine Fläche nach innen, die andere nach aussen kehren, sondern sie ziehen in gedrehten, unter verschiedenen Winkeln gegen die horizontale Ebene geneigten Ebenen dahin und begrenzen die Spalträume und Lücken, in deren vielen, dicht aneinander gedrängt, runde oder durch das Zusammendrängen verschieden gestaltete, mit einem grossen Kerne und wenig Protoplasma versehene Zellen lagern; sowie nebstdem wohlerhaltene oder schrumpfende, oder in Trümmer zerfallene rothe Blutkörperchen ersichtlich sind. Manchmal sieht man auch eine feinkörnige Masse. An dickeren Stellen des Präparates, wo mehrere Balken übereinander lagern, erscheinen die

Zwischenräume als Alveoli, die miteinander in Verbindung stehen. Von Kernen ist selten mehr etwas zu sehen, ausser am Rande der durch Abziehen gewonnenen Präparate, wo man hin und wieder in isolirten Lamellen einen Kern sieht. Die stabförmigen Kerne sind viel länger sichtbar.

In einem dritten Präparate, welches der tiefsten Schichte zunächst der verfettenden, äusseren Intimalage entnommen ist, treten Balken auf, die eine sehr beträchtliche Breite besitzen, und eine deutliche Längsfaserung zeigen. Fig. 8. Die spaltförmigen Zwischenräume zwischen den einander durchsetzenden Maschenwerken sind ebenfalls mächtig und gross und in denselben lagern Haufen zusammengedrängter, rundlicher, ganz kleiner Pigmentkörner und Fettkügelchen, welche einzelne Räume ganz, andere theilweise erfüllen. Diese Haufen zeigen eine rundliche, eine spindelige oder eine unregelmässige Gestalt, eine gelbglänzende Färbung und an der einen oder anderen Stelle einen hellen Fleck, von meist ovaler Form, der dem Kerne einer ehemaligen Zelle entspricht, einer runden oder spindelförmigen Zelle, die durch Ansammlung der Körnchen aufgebläht wurde und eine etwas unregelmässige Gestalt erhielt. Weiterhin desaggregiren sich die Haufen und man sieht die einzelnen Körnchen zerstreut. In der Zeichnung 8 sieht man bei *a* eine Gruppe runder Zellen, die im Begriffe sind, sich zu Körnchenzellen umzuwandeln. Die rothen Blutkörperchen als runde oder schrumpfende oder bereits in Trümmer zerfallene Gebilde sind auch hier wieder ersichtlich. Überdies tritt aber jetzt schon allenthalben und sehr deutlich eine körnige, trübe, moleculare Masse auf, die sich wie Staub zwischen den Lamellen der Balken und in den feinsten Spalten vorfindet oder in grösserer Menge beisammen in den Lückenräumen ersichtlich ist. Diese nimmt immer mehr zu und es wird damit das fibrilläre Aussehen der Balken undeutlich und schwindet nach und nach gänzlich, indem die Balken selber sich zu dieser Masse umwandeln.

Ich halte dafür, dass diese körnige Masse zunächst hervorgeht aus der in dem durch die Spalten und Lücken der Maschen- und Balkenwerke gebildeten Canalsysteme circulirenden Gewebsflüssigkeit, welche, aus dem grossen Gefässe stammend, in je tieferen und von starrerem Gewebe gebildeten Schichten sie

circulirt, desto langsamer sich bewegt und endlich gänzlich stagnirt und vielleicht durch Fällung eines Eiweisskörpers dieses körnige Aussehen erhält. Sofort werden natürlich auch die Balken nicht mehr ernährt und gehen nebst den vorhandenen Zellen durch Zerfall zu Grunde. So erklärte sich, warum der atheromatöse Zerfall, denn als dessen erste Anfänge müssen wir die geschilderten Verhältnisse auffassen, gerade in den tieferen Lagen meist seinen Anfang nimmt.

Der Zusammenhang der beschriebenen Bilder untereinander und die Entwicklung der letztgeschilderten Balkenwerke aus den anfänglichen Netzwerken durch allmäliges Auswachsen und Vergrösserung der Fortsätze ist nicht zu bezweifeln und ganz gewiss das Nächstliegendste und Einfachste. Es drängt sich diese Auffassung umsomehr Einem auf, wenn man ausser den hier durch Zeichnungen dargestellten, noch zahlreiche Zwischenstufen, die ich nicht alle abbilden wollte und konnte, gesehen hat. Es wird jedoch von Vortheil sein, wenn ich noch Einiges mittheile von dem, was man durch Isolationsmethoden erfährt.

Ich habe von Lamellen gesprochen, aus denen die Maschen- und Balkenwerke sich aufbauen. Dass es wirklich übereinander geschichtete Lamellen seien, davon kann man sich am besten überzeugen, wenn man Isolationsmethoden anwendet. Man findet dann zahlreiche Platten und in der Fläche ausgebreitete Gebilde, die sich durch ihre ungewöhnliche Zartheit auszeichnen, dabei jedoch mit meist scharfen (bei Behandlung mit Müller'scher Flüssigkeit) oder auch leichteren, weniger deutlichen (v. Ebner'sche Isolirmethode) Contouren versehen sind. Die Platten besitzen verschiedene Gestalten, die häufig übereinstimmen mit der Gestalt einer grossen verästigten oder sternförmigen Zelle (Fig. 11 und 12); sie haben die Form eines Drei-, Vier- und Fünfeckes mit eingebogenen Seiten und in Fortsätze ausgezogenen Ecken (Fig. 12 und 13); ausserdem sind solche ersichtlich, die bei einer beträchtlichen Breite eine vielmals grössere Längsausdehnung haben (Fig. 10 und 12).

Sie erscheinen entweder structurlos und homogen (Fig. 11 *e*, und einzelne Platten und Fortsätze in Fig. 12) oder sie sind leicht gekörnt, wie fein bestäubt (Fig. 11 *a*, *b*, *c* und Fig. 13). Nicht selten sieht man auch ovale Lücken in ihnen (Fig. 10 *a*

und 11 *d*) und an vielen kleine, runde, als Fetttröpfchen imponirende Kügelchen (10 und 12), sowie Körnerhäufchen, die am Ende eines Fortsatzes haften (Fig. 11 *a*). Manche sind auch stark gefaltet, wie dies namentlich an dem Präparate, welches Fig. 11 *a* wiederzugeben sucht, sehr deutlich ersichtlich war. Aus den Platten entwickeln sich verschieden lange und breite Fortsätze, die sich weitershin gerne theilen oder auch ungetheilt verlaufen und sich verjüngen. Sie sind, so lange sie breit sind, blass und structurlos; wenn sie schmäler werden, bekommen sie ein gelblich glänzendes Aussehen und verändern sich unter Einwirkung von Essigsäure ebensowenig, wie die Platten selbst; wir dürfen sie nach Allem als äusserst zarte Gebilde elastischer Natur betrachten.

An manchen Platten ist eine sehr feine Streifung und Strichelung zu bemerken, die an den einen wohl als Ausdruck einer leichten Faltung betrachtet werden muss, wenn nämlich die Strichelung durch unregelmässige Linien hervorgebracht wird (Fig. 10), in anderen jedoch, wo die Streifung für's Erste deutlicher und dann auch regelmässiger ist, als Ausdruck der beginnenden Auflösung der Platte in Fasern betrachtet werden muss. Man sieht nämlich am Ende einer solchen Platte schon vollkommen von einander getrennte, neben einander liegende Fortsätze, die sich oft noch wieder theilen und deren Contour man in die Platte hinein verfolgen kann (Fig. 11 *c* und 12 *α*). Darüber, ob diese gestrichelten Platten einfach bindegewebiger Natur oder gleichfalls elastische seien, wage ich mich nicht auszusprechen.

Wenn ich die Formen dieser Gebilde in Betracht ziehe und ferner erwähne, dass an manchen derselben noch ein mehr weniger deutlicher Kern zu sehen ist (Fig. 12 *β*), oder sogar zwei sehr deutliche Kerne in einer Platte neben einander lagern, was ich freilich nur ein einziges Mal gesehen habe (Fig. 13 *b*), so sehe ich mich veranlasst, anzunehmen, dass wir es hier mit Abkömmlingen von jenen verästigten und sternförmigen Zellen zu thun haben, die in den jüngsten subendothelialen Schichten der Verdickungen lagern und die vielleicht durch Zerspaltung der vergrösserten Zellen in mehrere übereinander liegende Flächenschichten entstanden sind, oder dass es, was mir jedoch weniger wahrscheinlich ist, die umgewandelten Zellen selbst seien. Bei ersterer

Annahme liessen sich die in manchen Platten (Fig. 10*a*, 11 *d*) ersichtlichen ovalen Lücken vielleicht erklären, als hervorgebracht durch den mehrere Platten durchsetzenden Kern.

Bei Schilderung der Netzwerke (Fig. 6) habe ich gesagt, dass sich häufig Verbreiterungen an den Fortsätzen finden, denen entsprechend lange stabförmige Kerne sichtbar sind. Beim Isoliren bekomme ich sowohl aus jüngeren, wie aus älteren Schichten zahlreiche, spindelförmige Zellen, mit spärlichem Zellkörper, scharfen Conturen, auffällig langem, entweder leicht gekörnten oder mattglänzenden, blassen Kerne. Diese Zellen laufen in verschieden, oft ganz ungewöhnlich lange, gestreckte, leicht wellige, korkzieherartig gewundene Fortsätze aus, die in leicht strohgelber Farbe glänzen, welches Aussehen auch der Zellleib desto mehr annimmt, je spärlicher er ist. Die Fortsätze entstehen aus den beiden entgegengesetzten und am weitesten von einander entfernten Enden der Zellen oder es entspringen daneben auch welche aus verschiedenen anderen Punkten der Zelle. Sie sind in verschiedener Anzahl vorhanden, sehr häufig bloss zwei hervorragende als einfache Verlängerung der spindelförmigen Zelle, häufig sind auch mehrere ersichtlich (Fig. 14 und 15 *b*, *f*); sie theilen sich nicht selten nach kürzerem oder längerem Verlaufe oder bleiben auch ungetheilt. Nachdem ihr Verhalten gegen Essigsäure geprüft wurde, bleibt kein Zweifel, dass wir es auch hier wieder mit Zellen zu thun haben, die zu elastischen Fasern sich umwandeln, und zwar, wenn wir namentlich den langen, stabförmigen Kern berücksichtigen, mit glatten Muskeln, die sich derartig umwandeln. Zur Unterstützung der hier mitgetheilten Beobachtungen über die Entwicklung des elastischen Gewebes will ich Einiges aus älterer und neuerer Literatur anführen.

Die Entwicklung des elastischen Gewebes aus spindelförmigen und verästigten Zellen wird kurz dargelegt in den Lehrbüchern von Gerlach und von Kölliker. In einer älteren Auflage des Letzteren heisst es: „Mit Bezug auf die Entwicklung (des elastischen Gewebes) gewinnt die Vermuthung von Schwann, dass dieses Gewebe aus Zellen hervorgehe, durch die neueren Untersuchungen immer festeren Bestand; in der That lassen sich in allen Theilen, welche später elastisches Gewebe enthalten, bei Embryonen eigenthümliche, spindelförmige

oder sternförmige Zellen erkennen, welche durch Verschmelzung längere Fasern oder Netze erzeugen, an denen anfänglich noch die Gegenden, wo die ehemaligen Zellenkörper sich befanden, als Anschwellungen mit verlängertem Kerne im Innern sich erkennen lassen. In diesem Zustande bleiben die Fasern nicht selten und stellen dann eine Modification der ehemals sogenannten Kernfasern vor....". Mit Bezug auf meine Beobachtungen betreffs der Umwandlung sowohl der sternförmigen und verästigten Zellen in den Verdickungen, als auch der Muskelzellen zu elastischem Gewebe, führe ich aus einer Arbeit v. Ebner's[1] pag. 43, Folgendes an: „In neuester Zeit hat His die schon früher von Leydig vertretene Ansicht näher ausgeführt und begründet, dass unter dem Begriffe elastisches Gewebe eine Reihe von Bildungen zusammengefasst werden, die genetisch von ganz verschiedener Bedeutung sind. Er glaubt daher, dass man in Zukunft das elastische Gewebe als selbständige Gewebsgruppe nicht mehr festhalten und dafür, nur von einer elastischen Metamorphose gewisser Gewebe reden werde". His kommt zu der Annahme, dass es namentlich glatte Muskeln seien, welche diese Metamorphose eingehen. v. Ebner selbst bringt dann pag. 43 u. f. Beobachtungen, welche ihn veranlassen, einen näheren Zusammenhang zwischen glatten Muskeln und gefensterten Membranen anzunehmen und weiterhin Beobachtungen, „welche die entwicklungsgeschichtliche Beziehung zwischen den streifigen Intimahäuten und den Bindegewebszellen näher begründen sollen", Beobachtungen, welche meine Annahme des Zusammenhanges zwischen gröberen Balkenwerken und den anfänglich zarten Netzwerken nur unterstützen können. Die Balkenwerke lassen sich am einfachsten als etwas abgeänderte, pathologische Formen der streifigen Intimalagen betrachten und die feinen Netzwerke stehen, wie ich noch näher ausführen werde, mit den in der normalen Intima vorkommenden, verästigten Bindegewebszellen in Beziehung. Gegen die Ansicht einer derartigen Entwicklung

---

[1] „Über den Bau der Aortenwand, besonders der Muskelhaut derselben" in den „Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie u. Histologie in Graz". Leipzig bei Engelmann, 1870.

elastischen Gewebes spricht sich Rollet[1] aus: „Was die Genesis der elastischen Fasern betrifft, so wurden darüber im Laufe der Zeiten verschiedene Ansichten ausgesprochen. Die Entstehung aus Kernen, welche Henle vor längerer Zeit wahrgenommen zu haben glaubte, wurde von Henle selbst wieder in Abrede gestellt. Man überzeugte sich auch, dass sie nicht nach der von Donders angegebenen Weise aus Zellen sich entwickeln". Gerade dieser letztangeführte Satz von Rollet hat mich veranlasst, meine Beobachtungen über Entwicklung elastischer Gewebe aus den verästigten Bindegewebszellen sowohl, wie aus glatten Muskelfasern und ihre Übereinstimmung mit älteren Autoren hervorzuheben.

Ich will jetzt meine Untersuchungen wieder aufnehmen, ob die Verdickungen als Hypertrophie oder als Entzündungsproduct zu bezeichnen sind und kehre zu dem Punkte zurück, von welchem ich bei der mikroskopischen Untersuchung ausgegangen bin, zu jenen zierlichen Netzwerken, die sich in jugendlichen Verdickungen finden und aus denen sich nach und nach die grossen Balkenwerke entwickeln. Die zellige Natur der Netzwerke haben wir erkannt. In den streifigen Lagen der Intima finden sich, wie ich mich selbst an Aorten jüngerer Individuen überzeugt habe und nach den übereinstimmenden Mittheilungen der Forscher Langhans[2], v. Ebner[3] und Eberth[4] spindelförmige, verästigte und sternförmige Zellen vor, die häufig mit ihren zarten Fortsätzen untereinander zusammenhängen. v. Ebner ist der Ansicht, dass diese Zellen es seien, aus denen die streifigen Lagen sich entwickeln; er sagt, nachdem er diesbezügliche Beobachtungen an der Aorta des neugeborenen und eines acht Wochen alten Kindes — an der letzteren sah er die ersten sternförmigen Zellen neben runden — mitgetheilt. „Ich glaube mir die Entwicklung der Intimahäute so vorstellen zu dürfen, dass nach der Geburt in die subepitheliale

[1] Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. I, S. 67.

[2] Langhans' Beiträge zur normalen und pathol. Anatomie der Arterien. Virchow's Archiv, Bd. 36, pg. 189, ff.

[3] L. c. pg. 40, 41.

[4] Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, Bd. I, pg. 195.

Aortenschicht vom Blute aus amöboide Zellen einwandern, welche dann zu spindel- und sternförmigen werden, unter deren Betheiligung die streifigen Lamellen zu Stande kommen[1].“ Nach den von Langhans[2] mitgetheilten Dickendurchmessern der Intima ist die Dicke allerdings grossen Schwankungen unterworfen, nimmt aber bis in die Mitte der Fünfziger Jahre constant und wahrscheinlich namentlich durch Zunahme der streifigen Lagen zu, welche, wie man sich bei der oberflächlichsten Untersuchung überzeugen kann, bei jungen Individuen makroskopisch noch gar nicht, in späteren Lebensjahren recht leicht wahrgenommen und dargestellt werden können.

Die sternförmigen Zellen in den jugendlichsten Schichten einer Verdickung zeichnen sich nun durch ihre bedeutende Grösse vor denen an der normalen Intima aus. Dies hebt Langhans' hervor[3] und ich habe in Fig. 9 derlei sehr grosse Zellen aus der unmittelbar unter dem Endothel gelagerten Schichte einer mit salpetersaurem Silber behandelten Verdickung dargestellt. Dass die gezeichneten hellen, verästigten Figuren wirklich Zellen seien, ist ganz zweifellos; an einer derselben sieht man ganz deutlich den dunklen, längsovalen, grossen Kern und in seiner Umgebung kleine Fetttröpfchen; an den anderen sieht man zwar den Kern selbst nicht, wohl aber an der oder jener Stelle des Zellkörpers eine auffällige Anhäufung von Fettkügelchen, die den Platz des Kernes vermuthen lassen. Überdiess sieht man bei Silberpräparaten schon bald an den Fortsätzen und grösseren Zellen eine ungemein feine Streifung, eine Andeutung jener Streifung, die ich bei der Beschreibung der Abbildung 6 erwähnte.

Ich glaube somit ausreichend klar dargelegt zu haben, dass ein inniger Zusammenhang zwischen verästigten Zellen der streifigen Lagen und den Balkenwerken statthat, in der Weise, dass die letzteren durch mannigfache Übergänge aus den ersteren sich heranbilden.

Insofern wir aber die Balken- und Maschenwerke als gleichwerthig den streifigen Lagen ansehen können, wie ich schon

---

[1] L. c. pag. 46.
[2] L. c. pag. 197.
[3] L. c. pag. 206.

erwähnte und wie auch Kölliker[1] meint, indem er sagt: „Sehr häufig ist beim Menschen in grossen Arterien diese Haut (Intima) verdickt, wobei namentlich eine ungemeine Zunahme der streifigen Lamellen sich ergibt," können wir den ganzen Verdickungsvorgang mit Rokitansky[2] bezeichnen als Hypertrophie, indem die normgemässe Entwicklung streifiger Lagen aus den verästigten Zellen[3] hier in excedirender Weise vor sich geht.

Ich muss nun noch näher die Zellen in Betracht ziehen, die sich häufig in den Lücken der Netz-, Maschen- und Balkenwerke vorfinden. Es sind runde Zellen, welche nicht ausser Acht gelassen werden dürfen, erstens wegen ihres häufigen Vorkommens, zweitens weil seit Virchow auf sie das Hauptgewicht gelegt wurde.

Ich sage, es finden sich die Zellen häufig und hebe sogleich hervor, dass sie nicht selten gänzlich fehlen oder nur vereinzelt vorkommen, so namentlich in jüngeren Schichten, wie aus meinen Zeichnungen Fig. 6 und 9, sowie dessgleichen aus den von Langhans[4] gegebenen Abbildungen hervorgeht.

Langhans beschreibt diese Zellen, welche er auch isolirt abbildet, sehr genau,[5] und nimmt eine Wechselbeziehung derselben zu den sternförmigen Zellen an, in der Art, dass aus runden sich sternförmige und aus einer sternförmigen wieder mehrere runde sich entwickeln sollten, lässt jedoch auch die Möglichkeit zu, dass wir es mit Wanderzellen zu thun hätten. Nach eigener Beobachtung mag ich der ersteren Ansicht nicht beipflichten. Es müssten, wenn die runden Zellen aus den sternförmigen Zellen hervorgingen, doch Theilungserscheinungen an den letzteren und an deren Kernen ersichtlich sein, was ich nur ein einziges Mal mit grosser Deutlichkeit sehen konnte und auch Fig. 13*b* abbildete; aber auch in dem Falle sind nur 2 längliche nicht runde Kerne in der isolirten, blättrigen Zelle sichtbar. Es

---

[1] Handbuch der Gewebelehre. 1863.

[2] Lehrbuch der path. Anatomie. Bd. 2, S. 305.

[3] v. Ebner, l. c. pag. 46.

[4] L. c.

[5] L. c. pag. 205.

könnten ferner die runden Zellen nicht in den Lücken der Maschenwerke liegen, sondern müssten vielmehr an der Stelle der Knotenpunkte des Maschenwerkes gefunden werden; endlich scheinen mir die Formabänderungen der runden Zellen, als Ovalwerden, leichtes Zuspitzen an dem einen oder anderen, oder an beiden Enden nicht genügend zur Rechtfertigung der Annahme, dass aus ihnen verästigte und sternförmige Zellen entstehen und möchte ich die Formverschiedenheiten lieber zurückführen auf die örtlichen Verhältnisse, da es doch leicht denkbar ist, dass runde Zellen, welche in spaltförmigen Räumen liegen, nicht immer rund bleiben, sondern Formen annehmen, wie sie die Umgebung bedingt. — Dagegen glaube ich, dass wir es hier mit wandernden weissen Blutkörperchen zu thun haben, weissen Blutkörperchen, die aus dem grossen Gefässe selbst stammen und denen es nicht schwer werden mag in das oberflächliche, weitmaschige Netzwerk und so fort in die tieferen Schichten der Verdickungen zu gelangen, wo sie sich nach und nach immer mehr anhäufen und, in grösseren Gruppen beisammen liegend, die Lücken ausfüllen können, Fig. 7. Dass sie dabei verschiedene Formabänderungen erleiden, die durch gegenseitigen Druck bedingt sind, ist leicht einzusehen. Für die Annahme, dass diese Zellen aus dem Blute stammen, dürfte noch der Umstand sprechen, dass neben ihnen regelmässig einzelne rothe Blutkörperchen — auch in den tiefsten Schichten — ersichtlich sind. Es könnten aber die runden Zellen auch aus den Vasis vasorum stammende farblose Blutkörperchen sein, eine Ansicht, die von Traube aufgestellt wurde, die man jedoch gerne fallen lässt, wenn man an Dickenschnitten gesehen hat, dass, während in der Verdickung reichliche Rundzellen da sind, dieselben in den äusseren Intimalagen und der Media fehlen.

Aber abgesehen von alldem, haben die runden Zellen die Bedeutung, die ihnen zugeschrieben wird? Sind sie, wie Virchow behauptet, das Wesentliche des Processes? Virchow[1] spricht von einer faserigen Grundsubstanz, in deren linsenförmigen Lücken und Faserzügen zellige Theile liegen, die sich im

---

[1] Cellularpathologie I, p. 358 und gesammelte Abhandlungen p. 501.

Anfange des ganzen Vorganges vergrössern, eine Vermehrung ihrer Kerne zeigen und endlich sich selbst theilen, so dass endlieh die mittlerweile dicker und dichter gewordene faserige Grundsubstanz erfüllt ist von jungen Elementen, als Ausdruck einer herdweisen Wucherung, wie sie auch anderwärts zu sehen ist. Ich habe oben dargethan, dass sich die in der normalen Intima vorhandenen Zellen vergrössern, in lange, faserige oder bandartige und breite Fortsätze auswachsen und dass nur diese Fortsätze als faserige Zwischensubstanz zwischen einander benachbarten Zellen erscheinen. In den nebstdem übrigbleibenden Lücken finden sich aber keine Zellen, sondern es bleiben wirkliche Spalträume übrig, innerhalb welcher Gewebsflüssigkeit circulirt und in denen runde Zellen auftreten können, ebensowohl wie sie häufig fehlen. Kommen sie vor, so häufen sie sich gerne, wie ich oben sagte, zu grösseren Gruppen zusammen, machen aber durchaus keine Anstalten, die vermuthen liessen, es werde aus ihnen neues Gewebe gebildet werden, sondern man gewahrt an ihnen alsbald Symptome des beginnenden Zerfalles; sie werden trübe, grobkörnig, unregelmässig und undeutlich conturirt, es treten ganz kleine, glänzende Kügelchen in ihnen auf, die fort und fort zahlreicher werden, die runde Zelle aufblähen und so zur Körnchenzelle umwandeln, Fig. 8, bis endlich ein ganzer Spaltraum von solchen kleinen, entweder bereits frei gewordenen, oder noch in den ursprünglichen Zellen beisammen gehaltenen Fettkügelchen erfüllt erscheint, und nur hin und wieder noch Reste der früheren runden Zellen sichtbar sind. Also hat sich aus den Rundzellen kein lebendes Gewebe entwickelt und sie sind auch nicht hervorgegangen aus vorhandenen Spindelzellen, da in den Lücken der ursprünglich zarten, mit zelligen Knotenpunkten (dieselben, welche am Dickenschnitt als Spindelzellen erscheinen) versehenen Netzwerke und späteren, breitbalkigen Maschenwerke früher Gewebsflüssigkeit circulirte.

Dass aber die Rundzellen nicht aus den die Knotenpunkte der Maschenwerke bildenden, verästigten und sternförmigen Zellen hervorgehen, habe ich bereits gegenüber Langhans ausgesprochen.

Wir können demnach den Rundzellen die ihnen beigelegte Bedeutung nicht belassen, sondern müssen sie als ein allerdings

häufiges, jedoch nur für den Zerfall der Verdickungen wesentliches Vorkommniss betrachten und das Hauptgewicht mit Rokitansky auf die aus verästigten Zellen hervorgehenden Maschen und Balkenwerke legen.

Aber selbst angenommen, es würden sich aus eingewanderten runden Zellen die Sternzellen und sofort die Maschenwerke entwickeln, so könnte doch dies nicht als Hinderniss betrachtet werden, dass ich den ganzen Vorgang als Hypertrophie bezeichnete, so lange die Annahme v. Ebner's[1], dass auch normaler Weise bei der Entwicklung der streifigen Lagen der Gang ein ähnlicher sei, nicht durch eine andere, richtigere ersetzt ist.

Über die Annahme, dass die Verdickungen hervorgebracht werden durch eine Wucherung des Endothels, brauche ich mich nicht weiter auszulassen; sie würde in einem gewissen Sinne richtig sein, wenn nachgewiesen werden könnte, dass die sternförmigen Zellen nicht aus eingewanderten Rundzellen, sondern aus den Zellen des Endothels entstehen, ein Gegenstand, der wohl einer eingehenden Untersuchung würdig wäre.

Ich kann nun einstweilen die Untersuchung beschliessen, da ich sie so weit fortgeführt habe, dass ich die am Anfange der mikroskopischen Untersuchung gestellte Frage, ob Hypertrophie, ob Entzündung beantworten darf in dem Sinne, wie sie Rokitansky beantwortet hat. Ich glaube Einiges genützt zu haben, dadurch, dass ich nicht nur den genetischen Zusammenhang der elementaren Bestandtheile der Verdickungen in ihren verschiedenen Altersstadien untereinander, sondern auch mit den normaler Weise in den inneren, den streifigen Lagen vorkommenden Zellen gezeigt, und auf die Analogie hingewiesen habe, welche sich ergibt für die Entstehung der streifigen Lagen und die Entstehung der Verdickungen.

In Kürze könnte ich als Ergebniss meiner Untersuchung von den Verdickungen sagen, sie werden hervorgebracht durch Vergrösserung und Auswachsen der in den streifigen Lagen der Intima vorhandenen zelligen Elemente mit nachfolgender Umwandlung derselben zu einem im Wesentlichen nicht von ihrem normalen Umwandlungsproducte verschiedenen Gewebe und

---

[1] L. c. pag. 46.

somit habe ich die Überschrift, welche ich der Untersuchung vorgesetzt habe, gerechtfertiget.

Schliesslich möchte ich noch in Kürze Einiges anführen über die Methoden, welche ich anwendete, wobei ich ganz absehe von der Untersuchung frischer Präparate.

Zunächst habe ich mich der durch v. Ebner[1] veröffentlichten Methode zum Isoliren der einzelnen Elemente bedient und kann dieselbe als sehr brauchbar anempfehlen, namentlich wenn man frische Leichen zur Verfügung hat.

Will man sich von der überall hervorgehobenen und schon makroskopisch wahrnehmbaren, leichten Trennbarkeit der verdickten Stellen in einzelne übereinander geschichtete Lamellen überzeugen, so thut diese Methode die allerbesten Dienste, während ich für die mikroskopische Untersuchung doch der Müller'schen Flüssigkeit den Vorzug gebe. Man kann die zu untersuchenden Objecte ein oder mehrere Tage darin liegen lassen, ja selbst wenn sie über eine Woche aufbewahrt werden, wird man noch immer mit mechanischer Isolation die schönsten und deutlichsten Bilder sich verschaffen; ja man braucht weiter nichts zu thun als mit der Pincette zarte, feine Schichten abzuziehen und wird allenthalben an den Rändern die schönsten isolirten Gebilde in auffallender Deutlichkeit gewahren. Überdies hat die Anwendung dieser Flüssigkeit noch den Vortheil, dass selbst Aortenstücke, die aus Leichen gewonnen wurden, welche 30 Stunden und länger gelegen sind, noch sehr gut verwendet werden können.

Ähnliche Dienste thut auch eine sehr verdünnte Chromsäurelösung, doch ist die Müller'sche Flüssigkeit jedenfalls vorzuziehen, wenn es sich nicht um rasche Erhärtung handelt, welche in letzterer bedeutend langsamer von statten geht.

Zur Darstellung der verästigten Zellen bediente ich mich auch des Silbernitrats (0·3%) und habe gute Bilder oberflächlicher Schichten erhalten, nachdem die Aortenstücke 24 Stunden in der Flüssigkeit gelegen und in Wasser gewaschen, hernach mit Glycerinzusatz angesehen wurden. Doch gelang mir die Silberbehandlung nicht jedesmal.

---

[1] L. c. pag. 33 u. 34.

Zur Anfertigung feiner Schnitte habe ich bei frischen Aorten das Valentinische Doppelmesser benutzt und gehärtete Aorten entweder aus freier Hand, oder in Wachs und Öl eingebettet, geschnitten; am liebsten aber fertigte ich mir Schnitte aus Aorten an, welche, nachdem sie in Müller'scher Flüssigkeit leicht erhärtet waren, zwischen Hollundermarkstäbchen eingeklemmt wurden.

Als Färbemittel wendete ich an, sowohl Carmin, als auch eine gleichmässige Mischung von verdünntem Carmin und Picrinsäure, am vortheilhaftesten jedoch immer eine wässerige Hämatoxylinlösung, welche so verdünnt war, dass eine schöne Färbung nach 18—24 Stunden erzielt wurde. Doch muss ich bemerken, dass man Färbemittel selten benöthigt, indem Präparate aus Müller'scher Flüssigkeit an Deutlichkeit kaum etwas zu wünschen übrig lassen. Noch habe ich Präparate angefertigt aus Aortenstückchen, welche in der von Exner angegebenen Weise in Überosmiumsäure gehärtet waren, und ich kann diese Methode nur loben.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1, 2, 3 und 4 sind mit Zuhilfenahme der Brücke'schen Lupe gezeichnet. *a* Äussere Lage der Intima, in Fig. 3 u. 4 entsprechend den dunkel gehaltenen Partien in Verfettung. *b* Media. *c* Die Verdickungen, die sich aus den inneren Lagen der Intima, die in Form eines zarten Saumes *d* erscheinen, entwickeln und in 1 und 2 aus nur einer Spindel, in 3 und 4 aus mehreren bestehen. Unter der Verdickung sind die äusseren Intimalagen verdünnt und atrophirt.

Fig. 5. Verdickung mit Bildung eines Atheromherdes *a* in der Tiefe und Zusammenfliessen desselben mit den verfettenden äusseren Intimalagen *b*. *c* Media. Natürliche Grösse.

Die folgenden Bilder sind gezeichnet mit Hartnack, Oc. 3, System 8.

Fig. 6. Zierliches Netzwerk aus den oberflächlichsten, gerade unter dem Endothel gelagerten Schichten einer gallertartigen Verdickung.

Fig. 7. Maschenwerk aus der Mitte derselben Verdickung; theilweise in den Lücken zusammengehäufte Rundzellen und einzelne rothe Blutkörperchen ersichtlich. Bei *a* eine verästigte Zelle mit länglichem Kerne.

Fig. 8. Ein breitbalkiges Maschenwerk, an dem in den Lücken und über die Balken wegziehend eine feine, moleculare Masse, sowie angehäufte Pigment- und Fettkörner ersichtlich sind. Bei *a* Rundzellen, die theilweise schon von Fettkörnchen erfüllt und aufgebläht sind. Vereinzelnte rothe Blutkörperchen. Aus den tiefsten Schichten derselben Verdickung. Fig. 6. 7 und 8 nach Präparaten aus Müller'scher Flüssigkeit gezeichnet.

Fig. 9. Grosse verästigte Zellen aus der subendothelialen Schichte einer Verdickung. Silberbehandlung.

Fig. 10 *a. b*, und 11 *a, b, c, d, e*. Ausgebreitete plattenförmige, nach ihrer Form sehr stark an verästigte Zellen erinnernde Gebilde von auffälliger Zartheit, einzelne mit langen Fortsätzen versehen. Isolirt nach der v. Ebner'schen Methode.

Fig. 12. Isolirte Platten am Rande eines Häutchens, das von einer in Müller'scher Flüssigkeit gelegenen Verdickung gewonnen wurde. Dieselben sind mit Fortsätzen versehen, deren Conturen bei α sich in den Balken hinein verfolgen lassen. Bei β Kerne ersichtlich. Am Rande sieht man drei übereinander gelagerte Schichten. 1, 2, 3.

Fig. 13 *a*. Eine Platte, die mit zwei Fortsätzen im Gewirre anderer festhaftet. Alle diese Platten sind elastischer Natur. *b*. Eine Zelle mit zwei Kernen und einem membranösen Fortsatz *a*. Behandlung mit Müller'scher Flüssigkeit.

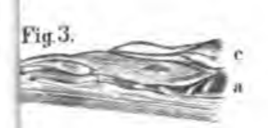
Fig. 14 und 16. Nach v. Ebner's Methode isolirte Muskelzellen der Intima in Umwandlung zu elastischen Fasern begriffen.

Fig. 15. Derlei Muskelzellen mit Müller'scher Flüssigkeit behandelt.

Sehr

Taf. I.

Fig. 3.



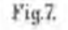
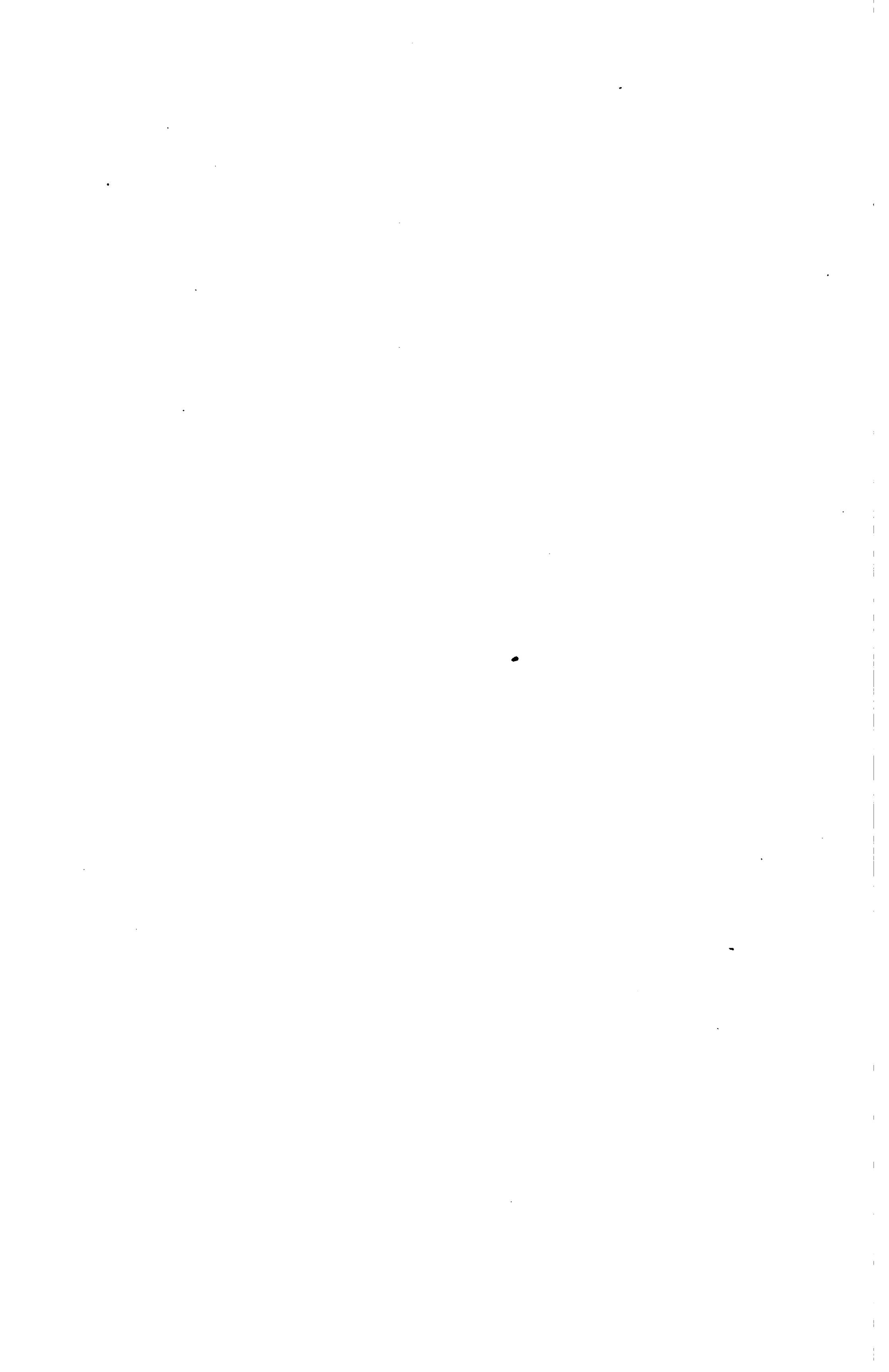


Fig. 7.



K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.



Schnop

Taf. II.



Gez. v Verf. lith. D

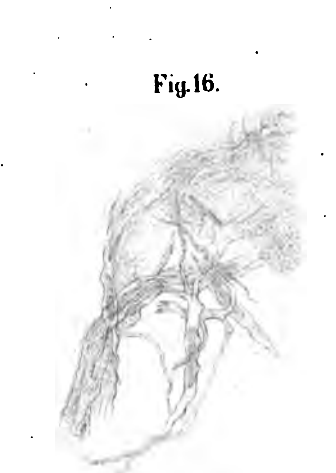
K.k Hof- u. Staatsdruckerei.



Sehnop

Fig. 13.

Fig. 16.



XXI. SITZUNG VOM 21. OCTOBER 1875.

Der Vice-Präsident der kais. Gesellschaft der Naturforscher in Moskau dankt mit Schreiben vom 4./16. October für das Beglückwünschungs-Telegramm, welches ihr die k. Akademie aus Anlass des 50jährigen Doctor-Jubiläums ihres Präsidenten Alex. Fischer von Waldheim zugehen liess.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Ein Versuch, den Erdmagnetismus zu erklären", von Herrn Dr. R. Benedict, Assistenten an der technischen Hochschule in Wien.

2. „Einhüllende der Krümmungssehnen bei der Cissoide", von Herrn Dr. K. Zahradnik, Assistenten am Polytechnicum in Prag.

3. „Untersuchungen über die Gallenfarbstoffe. V. Abhandlung: Über die Einwirkung von Brom auf Bilirubin", von Herrn Prof. Dr. Richard Maly in Graz.

4. „Über die Doppeltangenten der Curven vierter Ordnung mit drei Doppelpunkten" von Herrn Prof. Dr. H. Durége in Prag.

Das w. M. Herr Dr. Fitzinger übersendet einen Bericht über die von ihm mit Unterstützung der Akademie in den Seen des Salzkammergutes, Salzburgs und Berchtesgadens gepflogenen Nachforschungen über die Natur des Silberlachses (*Salmo Schiffermülleri* Bloch).

Herr Dr. J. Peyritsch überreicht eine Abhandlung: „Über Vorkommen und Biologie von Laboulbeniaceen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tome XII. Entrega 131—134. Habana, 1875; 8⁰.

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. Classe des Lettres. Vol. IV, Nr. 11. Copenhague, 1874; 4°. — Bulletin pour 1874, Nr. 2. 8°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. April & Mai, 1875; Berlin, 8°.

— — und Künste, Südslavische, zu Agram: Rad. Knjiga XXXII. U Zagrebu, 1875; 8°. — Stari pisci hrvatski. Knjiga VII. U Zagrebu, 1873; 8°.

Basel, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1874/5. 4° & 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome LIIIe. Nr. 210—212; Tome LIVe Nr. 213. Genève, Lausanne, Paris, 1875; 8°.

Comitato, R. Geologico, d'Italia: Bollettino. Anno 1873, Nr. 5 & 6. Roma; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nrs. 13 & 14. Paris, 1874 & 1875; 4°.

Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg: Zeitschrift. Dritte Folge. XIX. Heft. Innsbruck, 1875; 8°.

Gesellschaft, Deutsche geologische: Zeitschrift. XXVII. Band, 1. Heft. Berlin, 1875; 8°.

— Naturforschende, in Danzig: Schriften. N. F. III. Bandes, 1. & 3. Heft. Danzig, 1872 & 1874; 4°..

— gelehrte estnische, zu Dorpat: Verhandlungen. VIII. Band, 2. Heft. Dorpat, 1875; 8°. — Sitzungsberichte. 1874. Dorpat, 1875; 8°.

— Naturforschende, in Emden: LX. Jahresbericht. 1874. Emden, 1875; 8°. — Kleine Schriften. XVII. Hannover, 1875; 4°.

— Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 13—14. Berlin, 1875; 8°.

— Naturhistorische, zu Hannover: XXIII. & XXIV. Jahresbericht. 1872—1873, 1873—1874. Hannover, 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 41—42. Wien, 1875; 4°.

Hausner, Josef, Darstellung der Textil-, Kautschuk- und Leder-Industrie mit besonderer Rücksicht auf Militär-Zwecke. Wien, 1875; 8°.

Heidelberg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften für d. J. 1874/5. 4° & 8°.

Institut, Königl. Preuss. geodätisches: Astronomisch-geodätische Arbeiten in den Jahren 1873 und 1874. Berlin, 1875; 4°. — Bericht über die Verhandlungen der Vierten allgemeinen Conferenz der Europäischen Gradmessung. Zugleich als Generalbericht für 1874. Berlin, 1875; 4°.

— Égyptien: Bulletin. Année 1874—1875. Nr. 13. Alexandrie, 1875; 8°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch-Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. X. Deel, 1. Stuk. 's Gravenhage, 1875; 8°.

Jahrbücher, medizinische, herausgegeben von der k. k. Gesellschaft der Ärzte, redigirt von S. Stricker. Jahrgang, 1875, III. Heft. Wien; 8°.

Karpathen-Verein, Ungarischer: Jahrbuch. II. Jahrgang, 1875. Késmark; 8°.

Landbote, Der steirische: 8. Jahrgang, Nr. 21. Graz, 1875; 4°.

Lesehalle, Akademische, an der k. k. Universität zu Wien: V. Jahresbericht. 1875. Wien; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 21. Band, 1875, Heft VII—X, nebst Ergänzungsheft. Nr. 43, Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 310—311, Vol. XII. London, 1875; 4°.

Naturforscher-Verein zu Riga: Correspondenzblatt. XXI. Jahrgang. Riga, 1875; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. XI. Band, 2., 3. und 4. Heft. München, 1875; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." Ve Année, 2e Série, Nrs. 15—16. Paris, 1875; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1875, Disp. 4^a^—6^a^. Palermo; 4°.

Société Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. 3e Année. 1875, Nrs. 37—38. Amiens; 8°.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome X. dernier cahier. Bordeaux, 1875; 8°.

— Mathématique de France: Bulletin. Tome III, Nrs. 3 & 4. Paris, 1875; 8⁰.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XXII'. 1875. Revue bibliographique. B. Paris; 8⁰.

Verein, siebenbürgischer, für Naturwissenschaften zu Hermannstadt: Verhandlungen und Mittheilungen. XXV. Jahrgang. Hermannstadt, 1875; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 41—42. Wien, 1875; 4⁰.

Wüllner, Adolph, Lehrbuch der Experimentalphysik. III. Band. (Dritte Auflage.) Leipzig, 1875; 8⁰.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Von C. G Giebel. N. F. 1874. Band X. Berlin, 1874; 8⁰.

XXII. SITZUNG VOM 28. OCTOBER 1875.

Der Secretär legt eine von Herrn Dr. Heitzmann eingesendete Abhandlung des Herrn Dr. E. W. Hoeber in New-York „Über die Entwicklung der Krebs-Elemente" vor.

Herr Professor Franz Toula erstattet einen vorläufigen Bericht über den Verlauf seiner im Auftrage der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften im Vereine mit Herrn Assistenten Joseph Szombathy unternommenen Reisen im westlichen Theile des Balkan's und in den benachbarten Gebieten und überreicht als erste Mittheilung eine „kurze Übersicht über die Reiserouten und die wichtigsten Resultate der Reise".

Herr Prof. Dr. Johann Oser überreicht eine Abhandlung: „Über ein neues Condensationsproduct der Gallussäure" von Prof. Dr. J. Oser und Assistent Gregor Flögl.

Herr Prof. Schenk legt eine Abhandlung vor: „Über den grünen Farbstoff von *Bonellia viridis*".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg: Mémoires in 8°. Tome XXIV, 1e & 2e Partie. Tome XXV, 1e Partie. St. Pétersburg, 1874.

Annales des mines. VIIe Série. Tome VII. 1e, 2e & 3e Livraison de 1875. Paris; 8°.

— de l'Observatoire physique central de Russie, publiées par H. Wild. Année 1873. St. Pétersbourg, 1875; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 29. Wien, 1875; 8°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. XI. Punt. 4a, 5a e 6a. Venezia, 1874; 8°.

Beobachtungen, Magnetische und meteorologische, an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1874. Prag, 1875; 4°.

Cosmos di Guido Cora. I. Torino, 1875; 4°.

Gesellschaft, Astronomische, zu Leipzig: Vierteljahrsschrift. X. Jahrgang. 2. & 3. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Giessen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem J. 1875. 4°.

Göttingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1873/4. 8° & 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti in Venedig: Atti. Tomo 3°, Serie 4ª, Disp. 10ª. 1873—74. Tomo 1°, Ser. 5ª, Disp. 1ª—7ª. 1874—1875. Venezia; 8°.

Lotos. XXV. Jahrgang. Juli u. August 1875. Prag; 8°.

Nuovo Cimento. Serie 2ª. Tomo XIII. Marzo—Giugno 1875. Pisa; 8°.

Magazijn voor Landbouw en Kruidkunde: Derde reeks. II. deel, 4—6 aflev. (1871—72.) Utrecht; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri, Bullettino meteorologico. Vol. IX, Nr. 9. Torino, 1875; 4°.

— Reale, di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. IV, V. 1874. Nr. VIII, IX. 1875. Milano, Napoli, Pisa. 4°.

Radcliffe Observatory, Oxford: Results of Astronomical and Meteorological Observations made in the Year 1872. Vol. XXXII. Oxford, 1875; 8°.

Rostock, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1873—75. 8°, 4° & Folio.

Società Toscana di Scienze Naturali: Atti. Vol. I. Fasc. 1 & 2. Pisa, 1875; 8°.

Société Géologique de Belgique in Lüttich: Annales. Tome I. 1874. Berlin, Lüttich, Paris, 1874—75; 8°.

— des Sciences Naturelles in Neuchatel: Mémoires. Tome IV. 2ª Partie. Neuchatel, 1874; 4°.

— Géologique de France: Bulletin. 3ª Série. Tome II. Nr. 7. 1874. Tome III. Nr. 5, 6. 1875. Paris; 8°.

— The Royal Astronomical, of London: Memoirs. Vol. XL. 1874—75. London, 1874; 4°.

W a r Department of the United States of North America: Daily Bulletin of Weather-Reports, Signal-Service United States Army, for the Month of December 1872 & of January 1873. Washington, 1875; 4°.

W i e n e r Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 43. Wien, 1875; 4°.

Über die erste Entwicklung der Krebs-Elemente.

Von Dr. **E. W. Hoeber**
in New-York.

(Mit 2 Tafeln.)

Die Pathologen haben heute in Betreff der Frage über das Herkommen der Krebs-Elemente im Wesentlichen zweierlei Anschauungen.

Virchow sprach zuerst die Ansicht aus, dass aus „Bindegewebszellen" epitheliale Elemente hervorgehen können, während Thiersch und Waldeyer die Hauptträger jener Annahme sind, dass dem Epithel eine selbstständige Entwicklungsfähigkeit zukomme; pathologische Producte epithelialer Natur demnach stets Abkömmlinge normaler Epithel-Bildungen sein müssen.

Die Anhänger der letzteren Anschauung stützen sich zunächst auf die Entwicklungsgeschichte, indem sie die Remak'sche Keimblätter-Theorie für die Erklärung pathologischer Vorkommnisse verwerthen. Wir müssen indessen von vornherein festhalten, dass entwicklungsgeschichtliche Beweismittel heutzutage noch einen relativ nur geringen Werth haben.

Alle Angaben bezüglich der Selbstständigkeit der Keimblätter werden hinfällig in Anbetracht der Thatsache, dass, bevor sich überhaupt Keimblätter bilden, der Keim aus Elementen zusammengesetzt ist, welchen jede specifische Eigenthümlichkeit abgeht, und aus welchen sich eben erst im weiteren Verlaufe specifische Bildungen entwickeln.

Für entzündliche Vorgänge gilt es, Dank den Arbeiten S. Stricker's und C. Heitzmann's als Thatsache, dass im Verlaufe derselben das betroffene Gewebe in einen Jugendzustand zurückgeführt wird, indem es in jene Elemente zerfällt, aus denen es hervorgegangen ist. Nur in ihrer Jugendform sind

die Elemente befähigt, ihres Gleichen zu erzeugen, indem sie entweder Bindegewebs-Bildungen produciren, wie es bei der sogenannten plastischen Entzündung geschieht, oder in indifferente Elemente zerfallen, die wir als Eiterkörperchen bezeichnen — suppurative Entzündung.

So wenig Positives wir nun auch über die Ursache der Entwicklung von Geschwülsten wissen — in Einer Annahme wenigstens stimmen alle verlässlichen Beobachter überein, dass das Muttergewebe, in welchem sich eine primäre Neubildung (im engeren Sinne) entwickelt, zunächst in den Jugend- oder Indifferenz-Zustand zurückkehren müsse, um befähigt zu sein, neue Elemente zu bilden.

Ob in den entzündlichen ebenso, wie in neoplastischen Processen analoge Ursachen, etwa die Reizung, im Spiele sind muss unentschieden gelassen werden. Nur das darf als sicher gelten, dass die Elemente gerade nur in ihrem Indifferenz-Stadium, d. h. in jenem Stadium, welches dem Indifferenz-Stadium des normalen Keimes entspricht, befähigt sind, neue lebende Materie, somit neue Elemente zu produciren.

Diese anfänglich indifferenten Elemente wandeln sich erst im weiteren Verlaufe der Entwicklung in charakteristische Gewebsformen um, und diese Formen sind im Wesentlichen einerseits: Blutgefässhaltiges Bindegewebe und anderseits: Gefässloses Epithel.

Wir wissen, worin die charakteristischen Merkmale beider genannten Gewebsformen bestehen.

Im Bindegewebe haben wir directe Ernährung durch Blutgefässe; wir haben Grundsubstanz, d. h. ein aus Protoplasma-Flüssigkeit hervorgegangenes Product, in welchem der lebendige Antheil des Protoplasma's erhalten ist. In allen höher entwickelten Formen des Bindegewebes endlich haben wir Gewebs-Einheiten (Territorien Virchow's), in deren Centren die freien Protoplasma-Körper liegen.

Im Epithel hingegen fehlen die Blutgefässe vollständig; fehlen die Territorien; fehlen namhafte Lagen von Grundsubstanz.

Die einzelnen Elemente sind hier von einander durch eine relativ sehr schmale Schicht von Kittsubstanz getrennt, unter

einander jedoch durch Speichen der lebenden Materie (Stacheln Max Schultze's) verbunden.

Während der Grundstock des Thierkörpers von Bindegewebe gebildet wird, stellen die epithelialen Bildungen stets nur bedeckende, umhüllende, abgrenzende Lagen dar, welche Einstülpungen in das Bindegewebe hinein erzeugen — die sogenannten Drüsen.

Seit His ist man gewöhnt, scharf zwischen Epithel und Endothel zu unterscheiden. Vom histogenetischen Standpunkte aus wären als Epithelien die, die Aussenfläche des Körpers bedeckenden Lagen, sowie jene Lagen zu bezeichnen, welche mit der Aussenfläche in directer oder indirecter Verbindung stehen. Als Endothelien dagegen wären jene bedeckenden Lagen zu bezeichnen, welche allseitig geschlossene Körperhöhlen auskleiden.

Man hat sich bemüht, histogenetische Unterschiede in der Entwicklung des Epithels einerseits und des Endothels anderseits nachzuweisen. Man hat gesagt, dass Epithelien stets Abkömmlinge des oberen und unteren Keimblattes seien, während die Endothelien aus dem mittleren Keimblatte, demnach aus Bindegewebe hervorgegangen sein sollten. Aber auch diese, anscheinend scharfe Unterscheidung zwischen Epithel und Endothel ist, wie alle bis heute auf die Entwicklungsgeschichte begründeten Lehren hinfällig, da im Keime auch die Epithelien aus Elementen hervorgehen, welche von jenen, die Bindegewebe bilden, morphologisch nicht unterschieden werden können.

Überdies wurden für die Entwicklung der Carcinome von Köster auch schon die Endothelien, zumal jene der Lymphgefässe in Betracht gezogen, ohne dass auf diesem Wege in die Frage klärendes Licht gebracht worden wäre.

Endlich hat sich in den letzten Jahren die Anschauung entwickelt, dass die sogenannten Wanderzellen bei der Entwicklung der Carcinome die wesentlichste Rolle spielen. Als Hauptträger dieser Idee wäre A. Classen zu nennen. Abgesehen davon, dass es noch Niemandem gelungen ist, Wanderzellen in ihrer Thätigkeit bei der ersten Entstehung eines Carcinoms direct zu beobachten, hat man vollständig ausser Acht gelassen, dass wandernde Elemente stets Elemente im Indifferenz-Stadium

sind; ferner dass Elementen, wenn sie einmal den Charakter von Epithelien an sich tragen, die Wanderungsfähigkeit nicht mehr zukömmt, und endlich dass bisher jede Beobachtung fehlt, welche uns ein Antheilnehmen von Wanderkörpern bei der Bildung irgend eines Gewebes gestatten würde.

Es ist also keine einzige der bisher in der Frage der Entwicklung des Krebses aufgestellten Annahmen als erwiesen zu betrachten. Es erübrigt kein anderer Weg, als unter dem Mikroskope an guten Präparaten die stufenweise Entwicklung von Krebs-Elementen zu verfolgen.

Dabei sind wir uns vollkommen bewusst, dass der Rückschluss aus neben einander liegenden Dingen auf ihr gegenseitiges Entwicklungsverhältniss kein zwingendes ist. Solange die Entwicklung der Gewebe unter dem Mikroskope nicht direct verfolgt werden kann, bleibt der Rückschluss von Vorkommnissen an todten Präparaten auf Vorkommnisse während des Lebens stets nur ein relativ sicherer.

Die Objecte, an denen ich meine Untersuchungen anstellte, waren Carcinome, sämmtlich von Individuen über 40 Jahre, theils von hiesigen Ärzten exstirpirt, theils in der Leiche angetroffen.

Die Objecte sind folgende:

1. Ein sogenanntes Alveolar-Epithelial-Carcinom der Haut der rechten Parotis-Gegend, exstirpirt von Dr. Sands (s. Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

2. Ein sogenanntes flaches Epithelial-Carcinom oberhalb der linken Nasolabial-Falte, exstirpirt von Dr. Heitzmann.

3. Ein sogenannter Scirrhus der Brustdrüse, exstirpirt von Dr. Krackowizer (s. Fig. 4).

4. Eine ähnliche Geschwulst der Brustdrüse, exstirpirt von Dr. Schöney.

5. Ein sogenanntes Medullar-Carcinom, welches den grössten Theil der Leber substituirt hatte, aus der Leiche einer 48jährigen Frau, deren Obduction von Dr. Finell ausgeführt war (s. Fig. 5).

Die Präparate wurden in verdünnter Chromsäure-Lösung aufbewahrt und die aus denselben gewonnenen Schnitte in Glycerin unter dem Mikroskope untersucht.

Eine Anzahl Schnitte des aus der Parotis-Gegend stammenden Carcinoms wurde, nachdem die Schnitte vollständig ausgewässert waren, mit halbprocentiger Goldchlorid - Lösung gefärbt.

Das Charakteristische aller Carcinom-Präparate ist anerkanntermassen die epitheliale Neubildung, welche in Form von Zapfen, Schläuchen oder rundlichen Gruppen in Bindegewebe eingelagert ist. Die letztere Form gibt eben den alveolaren Bau, wie ich denselben in dem Carcinome 1 und 5 angetroffen habe.

Die Grösse der einzelnen Epithelial-Körper fand ich sehr verschieden. Die kleinsten derselben habe ich im Carcinom Nr. 3 (s. Fig. 4); die grössten hingegen in Carcinom Nr. 1 (s. Fig. 1 und 3) angetroffen. Es ist bekannt, dass die sogenannten Scirrhus-Geschwülste der Brustdrüse in der Regel sehr kleine Epithel-Elemente besitzen.

Was zunächst den Bau der Epithelien betrifft, habe ich in der grössten Mehrzahl der Präparate polygonale Körper gesehen, welche von einander durch schmale Kittsubstanz getrennt waren. Dort, wo derlei Kittsubstanz, die unter dem Mikroskope stets nur in Form von Leistchen sichtbar ist, vorhanden war, konnte ich jedesmal auch die Anwesenheit zarter Speichen, der sogenannten Stacheln Max Schultze's constatiren.

Bisweilen allerdings sah ich zapfenförmige und alveolare Bildungen, welche mit einer continuirlichen Lage Protoplasma's erfüllt waren, in welches die Kerne in regelmässigen Abständen eingebettet erschienen. In solchen Lagen fehlte die Kittsubstanz theilweise oder vollständig. Ich hatte hier augenscheinlich Bildungen vor mir, welche den sogenannten Myeloplaxen vollkommen analog waren.

In Betreff des feineren Baues der epithelialen Elemente muss ich mich vollständig den Anschauungen Heitzmann's anschliessen. Ich konnte innerhalb des Protoplasma's an sehr vielen Stellen Körnchen und Klümpchen beobachten, welche unter einander vermittelst zarter Fädchen im Zusammenhange standen.

Ich konnte mich überzeugen, dass um den Kern herum jedesmal ein schmaler, heller Saum vorhanden war, durchbro-

chen von zarten, konischen Speichen, welche, aus der Schale des Kernes hervorgehend, in die zunächstgelegenen Körnchen und Klümpchen des Protoplasma's einmündeten.

Ich konnte namentlich um die grossen Kernkörperchen, welche in den Elementen aus dem Falle Nr. 1 vorhanden waren, auf das Bestimmteste radiäre Fädchen erkennen, welche diese mit den innerhalb der Kerne befindlichen Körnchen und Klümpchen verbanden.

An jenen Präparaten, welche ich mit halbprocentiger Goldchlorid-Lösung violett gefärbt hatte, konnte ich mich überzeugen, dass nur die Körnchen, Klümpchen und die Fädchen die violette Farbe angenommen hatten, demnach jene Bildungen, welche als der lebenden Materie zugehörend bezeichnet wurden; die eigentliche leblose Protoplasma-Flüssigkeit und Kittsubstanz hingegen nahezu ungefärbt geblieben waren.

Sicherlich sind die soeben geschilderten Bildungen zumal weniger geübten Augen nicht sofort und auch nicht leicht sichtbar. Indessen kann deren Anwesenheit umsoweniger bezweifelt werden, als dieselben in Photographien von Carcinom-Präparaten, welche Dr. Woodward in Washington mit Oxycalciumlicht bei nur 400facher Vergrösserung angefertigt hatte, deutlich sichtbar sind.

Es fiel mir auf, dass an Präparaten, welche von langsam herangewachsenen Geschwülsten stammten, die Elemente klein und die in ihnen befindlichen Körnchen und Klümpchen äusserst zart waren. So namentlich in Carcinom Nr. 2, 3, 4 (s. Fig. 4). Hingegen bot das rasch gewachsene Carcinom Nr. 1 nicht nur grosse Elemente, sondern auch sehr grobe Körner und grosse Kernkörperchen (s. Fig. 1, 2, 3).

Das sub Nr. 5 angeführte Carcinom hatte die gröbsten Körner, ja sogar zahlreiche Klümpchen, welche eine anscheinend homogene Structur boten und eine Differenzirung in ein Netzwerk an vielen Stellen überhaupt nicht erkennen liessen. Gerade in diesem Falle traf ich innerhalb der Alveolen unregelmässige, klumpige Bildungen, welche keine morphologische Ähnlichkeit mit dem beanspruchen konnten, was man gewöhnlich als Epithel-Elemente bezeichnet; während an vielen Stellen allerdings gut definirbare Epithel-Bildungen vorhanden waren.

Der andere Bestandtheil der Krebsgeschwülste, nämlich das Bindegewebe, zeigte namentlich in den rasch gewachsenen Carcinomen 1 und 5 das Bild der sogenannten „kleinzelligen Infiltration" (s. Fig. 2 und 5).

Bei der Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen ergab sich, dass diese Infiltration im Wesentlichen aus einer Anhäufung rundlicher, homogener, glänzender Klümpchen besteht, deren Grösse noch nicht jene der rothen Blutkörperchen erreicht. Nahezu constant fand ich um solche Klümpchen herum Protoplasma, dessen Körner mit den erwähnten Klümpchen mittelst radiärer Fädchen verbunden waren. Auch diese Klümpchen hatten in den Goldpräparaten eine violette Farbe angenommen. Überdies zeigten dieselben alle als Lebensphasen geschilderten Übergänge vom compacten zu dem von Vacuolen durchbrochenen Klümpchen und schliesslich zu den mit einer dünnen Schale versehenen Kernbildungen, in deren Innerem ein oder zwei Kernkörperchen erhalten geblieben waren. Augenscheinlich haben wir es hier mit Bildungen der lebenden Materie zu thun, welche, zunächst im Indifferenz-Stadium auftretend, das Materiale zu specifischen Bildungen geben.

Welches ist nun die Quelle dieser Bildungen? Betrachten wir zunächst Fig. 2 und 5, so erkennen wir, dass die soeben geschilderte kleinzellige Infiltration zuerst in rhombischen Feldern auftritt, welche den Einheiten des Bindegewebes zukommen. Wir sehen namentlich in Fig. 5 verschiedene Stadien vom Auftreten eines oder zweier Klümpchen innerhalb der Gewebseinheit bis zur vollständigen Umwandlung der Letzteren zu einer relativ grobkörnigen Protoplasma-Masse, in welcher glänzende rundliche Klümpchen in verschiedener Anzahl eingebettet sind.

In Fig. 2 sind rhombische Felder, Einheiten des Bindegewebes in blasse, polygonale von einander durch schmale Kittsubstanz-Leistchen getrennte Elemente aufgelöst; demnach in Elemente, aus welchen nachgewiesenermassen die Einheiten des Bindegewebes hervorgehen, indem der periphere Theil derselben mit leimgebender Grundsubstanz infiltirt wird.

In Fig. 3 sehen wir das zwischen 2 Alveolen befindliche Bindegewebe mit platten Elementen angefüllt, welche theilweise

mit grossen Kernkörperchen versehen sind. Gerade hier fällt es am klarsten in die Augen, dass ein morphologischer Unterschied zwischen den Elementen, welche in den Alveolen eingelagert sind, und jenen, welche anscheinend regellos im umgebenden Bindegewebe auftauchen, nicht existirt.

In Präparaten, welche aus dem sub Nr. 2 angeführten Objecte gewonnen wurden, sah ich das den Hautpapillen zukommende Bindegewebe nahezu vollständig in epitheloide Elemente umgewandelt, derart, dass nur um die stark erweiterten Blutgefässe herum eine äusserst zarte, spärliche Lage fibrillären Bindegewebes erhalten schien.

In Fig. 4 sehen wir nebst deutlichen alveolaren Bildungen (*aa*) eine spindelförmige Gruppe kleiner epithelialer Elemente (*b*). Von dieser Gruppe und vielen anderen in demselben Scirrhus sichtbaren kann ich mit Bestimmtheit aussprechen, dass dieselben oberhalb und unterhalb gleichfalls von Bindegewebe bedeckt, demnach allseitig vollkommen abgeschlossen waren. Wer mit der Handhabung der Stellschraube nur einigermassen vertraut ist, wird sich von der Richtigkeit der eben gemachten Aussage leicht überzeugen können.

Ferner lenke ich die Aufmerksamkeit auf Fig. 1, wo mächtige epitheliale Bildungen von einem verzweigten, glänzenden elastischen Netzwerke durchzogen erschienen. Die elastischen Fasern sind in einer Weise gelagert, dass man die Grenzlinien der ehemaligen Bindegewebs-Einheiten noch deutlich zu erkennen vermag; während stellenweise das Netzwerk die Rolle von epithelialer Kittsubstanz übernommen hat.

Auch hier habe ich nur streng in Einem Focus liegende Bildungen gezeichnet.

Endlich verweise ich auf Übergangs-Bildungen von noch indifferenten Protoplasma-Massen zu deutlichen epithelialen Bildungen, wie sie auf nahezu sämmtlichen Abbildungen verfolgt werden können. Kleine Epithel-Gruppen von spindelförmiger oder rhombischer Form liegen zahlreich eingebettet in jenem streifigen Bindegewebe, welches die grossen alveolaren Bildungen umgrenzt.

Schliesslich kamen in Präparaten aus dem Objecte Nr. 5 mächtige grobkörnige und klumpige Protoplasma-Lagen zur

Anschauung, in welchen das Gewebe der Leber fast vollständig fehlte — demnach alle an der Bildung der Leber theilnehmenden Gewebsformen: Drüsen-Epithel, Blutgefässe und Ausläufer der Glisson'schen Kapsel in unregelmässige Protoplasma-Bildungen umgewandelt erschienen, wie wir dieselben in rasch wachsenden, sogenannten medullären Carcinomen zu sehen gewohnt sind und die mit eigentlichen Epithelial-Bildungen nur sehr geringe Ähnlichkeit haben.

Fassen wir Alles zusammen, was ich über die Bildungen im Bindegewebe bei der Entstehung verschiedener Carcinome ausgesagt habe, so ergibt sich, dass eine scharfe Unterscheidung zwischen Epithel und Bindegewebs - Formationen im Sinne Thiersch's, Waldeyer's u. A. nicht aufrecht erhalten werden kann. Ich brauche nur an gewisse Entwicklungs-Stadien des Bindegewebes zu erinnern, um zu zeigen, das zu einer gewissen Zeit auch die der Bindegewebsreihe zugehörigen Bildungen einen epithelialen Charakter tragen. Die sogenannten Osteoblasten Gegenbaur's, aus welchen anerkanntermassen die Knochen-Lamellen bei der normalen Entwicklung des Knochens hervorgehen, sind morphologisch durchaus den Epithelien analog.

Es ist ferner nachgewiesen, dass die bändrigen und faserigen Formen des Bindegewebes: Sehne, Periost, Perichondrium, in einem Stadium ihrer Entwicklung epithelialen Charakter besitzen. Die Formen der Epithel-Gruppe stammen wieder von indifferenten Elementen, welche dem Markgewebe zugehören.

Überdies kommen den rein epithelialen sowohl, wie den Bindegewebs-Bildungen bei ihrer Entwicklung vielkernige Protoplasma-Körper zu, innerhalb welcher sich erst im weiteren Verlaufe Kittsubstanz einerseits und Grundsubstanz andererseits entwickelt.

In ihrer Genese sind demnach alle Gewebsformen analog. Wie wenig zudem die Unterscheidung zwischen Epithel und Endothel berechtigt ist, habe ich schon Eingangs erörtert.

Ich muss auf das Bestimmteste behaupten, dass bei der Entwicklung von Carcinomen im Bindegewebe selbst Epithel-Formen auftauchen, welche von früheren Drüsenbildungen unabhängig sind.

Für diese Behauptung habe ich zwei, wie mir scheint, schlagende Gründe ins Feld zu führen. Zuerst die spindelförmigen, mit Epithel erfüllten und allseitig geschlossenen Räume (s. Fig. 4) und dann die durch verzweigte elastische Fasern von einander getrennten Epithelien (s. Fig. 1).

Bildungen der ersteren Art sind von verschiedenen Seiten so gedeutet worden, dass man dieselben als Lymphräume auffasste, aus deren Endothel Krebs-Elemente hervorgegangen, oder in welche Krebs-Elemente eingewandert sind.

Die erstere Anschauung braucht nach dem Gesagten kein Gegenstand meiner Polemik zu sein, indem die Anhänger der Endothellehre das Endothel ohnehin aus Bindegewebe hervorgehen lassen. Die Einwanderung hingegen wird das Auftauchen neuer Epithelien nicht erklären. Denn Epithelien als solche wandern bekanntlich nicht; die Umwandlung von indifferenten Wanderkörpern aber zu Epithelien ist eine hypothetische Annahme, welche uns der Lösung des Räthsels vorläufig keineswegs näher bringt.

Gegen meinen zweiten Beweisgrund (s. Fig. 1) wird sich kaum eine stichhaltige Entgegnung aufbringen lassen. Elastische Fasern hat meines Wissens im Epithel bisher noch Niemand beobachtet. Wo solche also vorhanden sind, liefern sie einen schlagenden Beweis dafür, dass die Epithelien aus ehemaligem Bindegewebe hervorgegangen sind, dessen Einheiten (Territorien) bekanntlich sehr häufig von elastischer Substanz abgegrenzt werden.

Ich kann demnach im Auftauchen epithel-ähnlicher Bildungen mitten im Bindegewebe nichts Anderes erkennen, als die Rückkehr zu einer Jugendform des Bindegewebes, eine Rückkehr, wie dieselbe ja schon für den Entzündungs-Process sichergestellt ist.

Unter abnormen Ernährungs-Verhältnissen wird das Bindegewebe zunächst in ein Indifferenz-Stadium zurückgeführt, welches jenem des Markgewebes entspricht — und dieses Stadium bleibt bei den Sarkomen stationär.

Wenn hingegen aus uns unbekannten Gründen die Entwicklung unter massenhafter Neubildung lebender Materie wieder vorwärts schreitet, und anstatt Grundsubstanz, wie in der Narbe,

nur spärliche Kittsubstanz auftaucht: dann liegt das Bild vor uns, wie es der als Carcinom bezeichneten Geschwulstform zukommt. Zweifellos haben dabei die Blutgefässe und die von diesen abhängigen Ernährungsbezirke einen bestimmenden Einfluss. Diesen aber näher zu bestimmen, liegt heute noch nicht in unserer Macht. Ebensowenig können wir bestimmen, worin die sogenannte Infectiosität dieser Geschwülste, ihre Verschleppbarkeit in benachbarte Lymphdrüsen und in verschiedene Organe beruht. Virchow's Behauptung, dass aus Bindegewebe unter Umständen Epithel hervorgehen könne, ist richtig. Sie wäre dahin zu erweitern, dass nicht die Bindegewebszellen allein es sind, welche neue Elemente liefern, sondern dass bei der Production solcher epithelialen Elemente auch der in der Grundsubstanz enthaltene lebendige Antheil des Bindegewebes betheiligt ist.

Erklärung der Abbildungen.

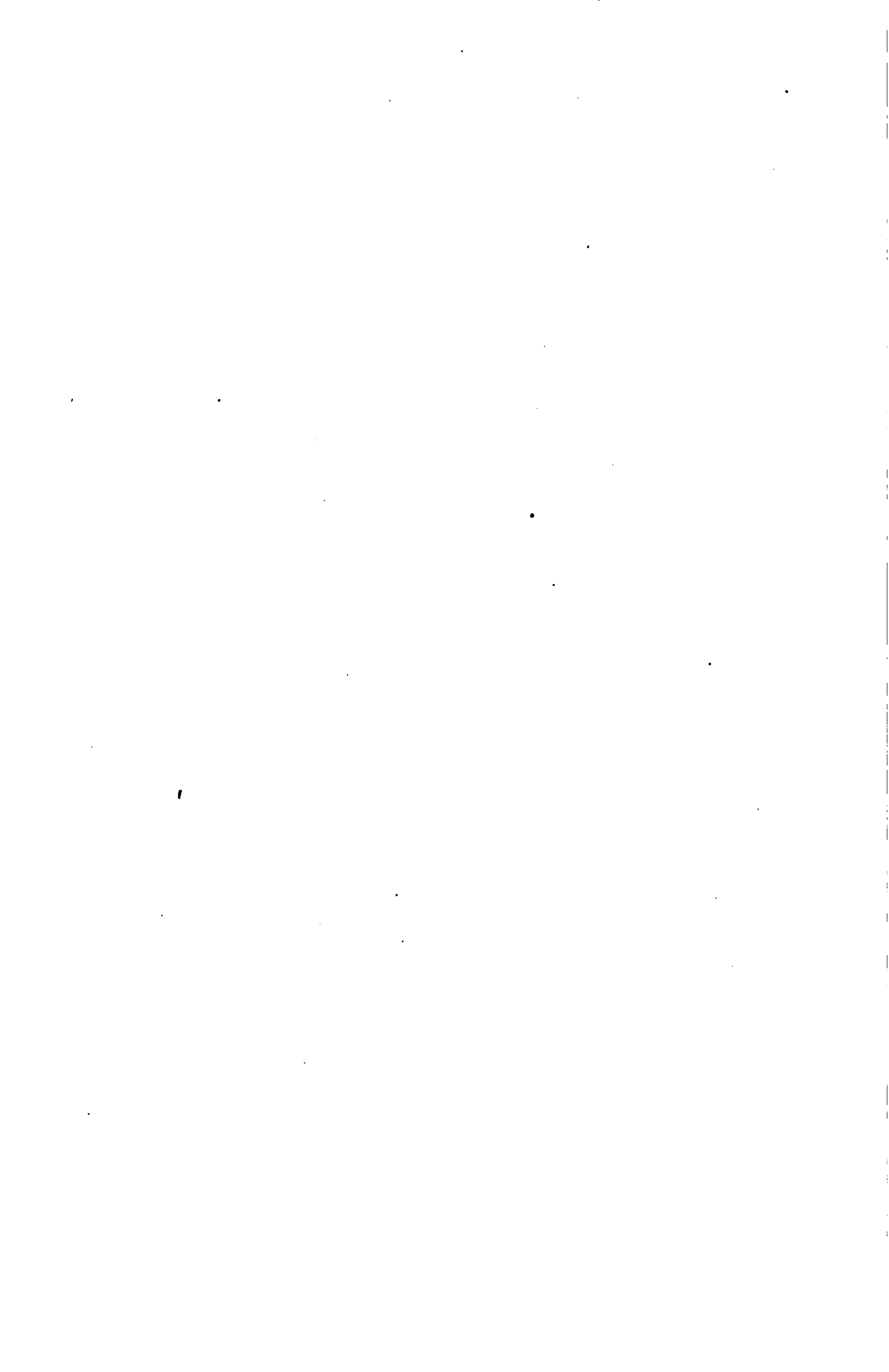
Fig. 1. Abschnitt eines Präparates eines Hautcarcinoms aus der Parotis-Gegend. Sehr grosse Epithel-Elemente zum Theile von einander durch elastische Fasern *a.a* getrennt; *b* streifiges, unverändertes Bindegewebe der Cutis. — Hartnack, Obj. 7, Oc. 4.

„ 2. Abschnitt aus derselben Geschwulst. Bei *a* mit Epithel erfüllter Alveolus. Bei *b* sogenannte kleinzellige Infiltration, nämlich zahlreiche homogene glänzende Klümpchen, umgeben von körnigem Protoplasma. Bei *c* flache epitheloide Bildungen mitten im Bindegewebe. *d* Blutgefäss-Querschnitt. *e* Leerer Alveolus. — Hartnack Obj. 7, Oc. 4.

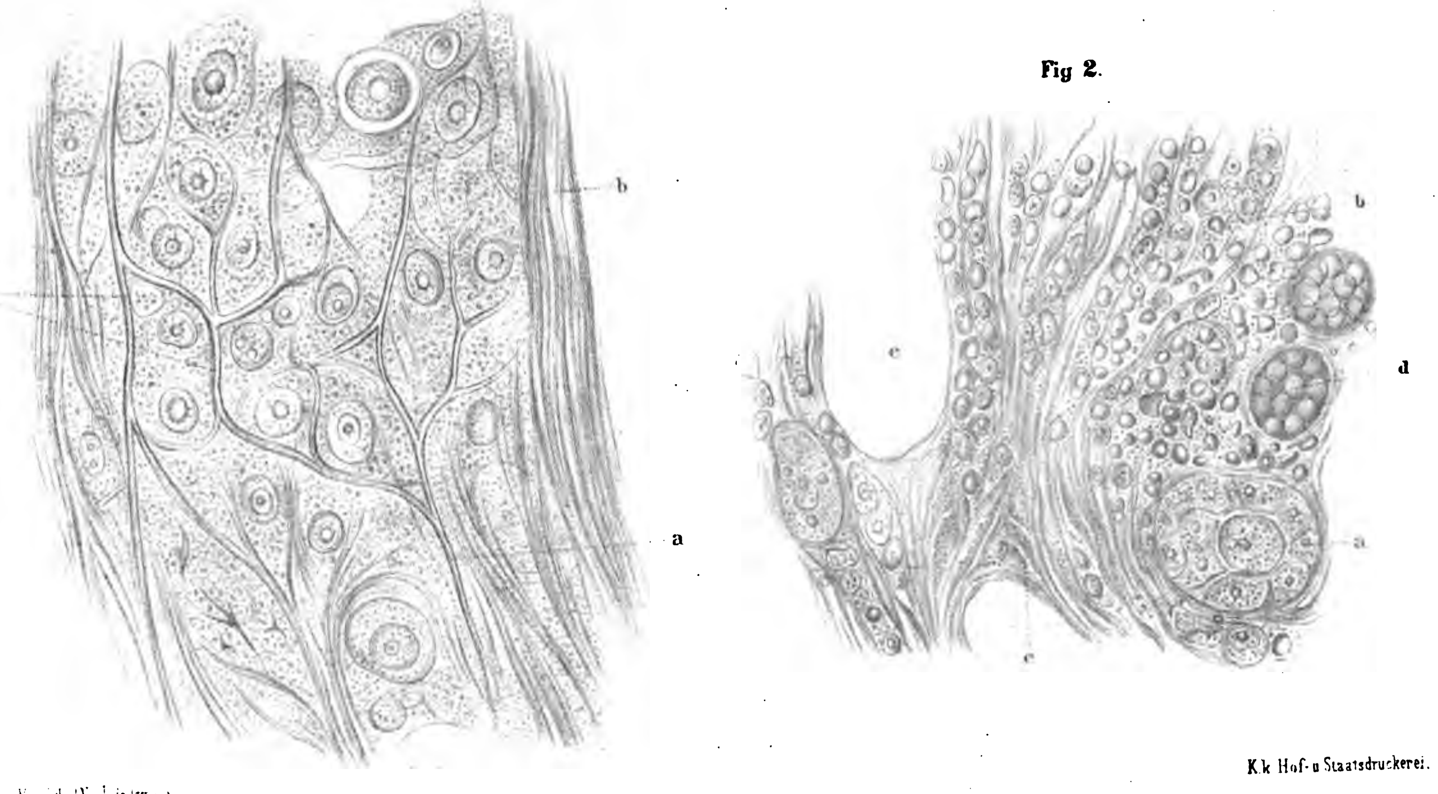
„ 3. Abschnitt aus derselben Geschwulst. Bei *a.a* alveolare Bildungen. Bei *b* Epithel-Elemente im interalveolaren Bindegewebe. — Hartnack, Obj. 7, Oc. 4.

„ 4. Abschnitt aus dem sub Nr. 3 angeführten Carcinom der Brustdrüse. *a.a* alveolare Bildungen, erfüllt mit kleinen Epithelkörpern. *b.b* spindelförmige Gruppe von Epithelkörpern, welche oben und unten von streifigem Bindegewebe bedeckt und abgeschlossen war. *c* dichtes, streifiges Bindegewebe mit schmalen Bindegewebskörperchen. — Hartnack Obj. 7, Oc. 4.

„ 5. Abschnitt aus dem sub Nr. 5. angeführten Carcinom der Leber. Glisson'sche Kapsel, deren Bindegewebe zahlreiche rhombische Felder zeigt, welche in grobkörniges Protoplasma ohne bestimmten morphologischen Charakter umgewandelt sind, *a.a.a.* Bei *b* ein mit rothen Blutkörperchen erfülltes Blutgefäss. — Hartnack Immers. 9, Oc. 3.



Hoeber. Über die Entwicklung der Krebs Elemente.

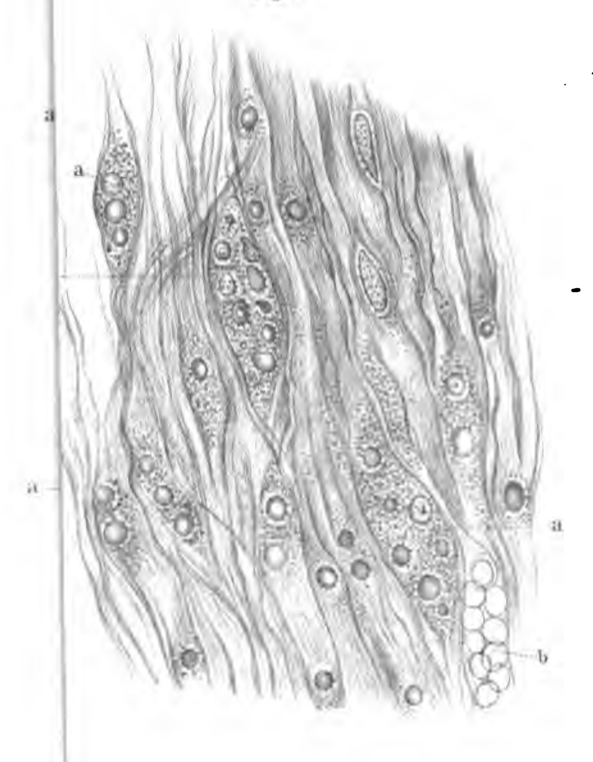


K.k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Hoeber

Taf. II.

Fig. 5.



Gesellschaft der Künste und Wissenschaften, Provincial Utrecht'sche: Verslag. 1873. Utrecht; 8°. — Aanteekeningen. 1873. Utrecht; 8°. — S. Müller, Geschiedenis der Noordsche Compagnie. Utrecht, 1874; 8°. — J. O. G. Hoot, De vita et scriptis Petri Wesselingii. Trajecti ad Rhenum, 1874; 8°.

Miller-Hauenfels, Albert, v., Die Gesetze der Kometen, abgeleitet aus dem Gravitations-Gesetze. Graz, 1875; 8°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXV. Band. 1875. August- und September-Heft. Wien, 1875; 8°.

Scacchi, A., Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' Vesuviano del mese di Aprile 1872. Napoli, 1874; 4°.

Society, The Literary and Philosophical, of Manchester: Memoirs. Third Series. Vol. IV. London & Paris, 1871; 8°. — Proceedings. Vol. VIII—XII. Manchester, 1869—1873; 8°.

Studenten-Kalender, Fromme's Österreichischer, für das Studienjahr 1875. XII. Jahrgang. Wien; 12°.

Verein der Wiener Handels-Akademie: Dritter Jahresbericht 1875. Wien, 1875; 8°.

— für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. VIII. Jahrgang. 1874. Wien; 8°. — Topographie von Nieder-Österreich. 8. Heft. Wien, 1875; 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLIV. Band, 1. Heft. (Jahrg. 1875. III.) Wien, 1875; 8°.

Verbeck, R. D. M. und Böttger, O., Die Eocänformation von Borneo und ihre Versteinerungen. 1. Theil. Kassel, 1875; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 44—45. Wien, 1875; 4°.

Zürich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1874—1875. 4° & 8°.

Über die Form- und Texturveränderungen der menschlichen Leber während des Wachsthums.

Von

Dr. C. Toldt, und Dr. E. Zuckerkandl,
a. o. Professor der Anatomie, *Prosector.*

(Mit 2 Tafeln.)

A. Anatomischer Theil.

I. Allgemeine Morphologie der menschlichen Leber.

Die makroskopisch-anatomischen Verhältnisse der menschlichen Leber sind bisher — so unwahrscheinlich dies auch bei der reichhaltigen Literatur dieses Organs klingen mag — keineswegs in der ihnen gebührenden Weise gewürdigt worden.

Ganz abgesehen von der grossen Reihe morphologischer Variationen, die wir hierdurch kennen lernen, ist eine nach dieser Richtung vorgenommene, genaue Untersuchung der Leber desshalb von Bedeutung, weil sie auf die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung von Momenten zurückführt, für die man entgegengesetzten Falles (also bei Nichtbeachtung der allgemeinen Morphologie) nicht so leicht Angriffspunkte gewinnen kann. So gelangt man, um ein Beispiel zu nennen, durch die gründliche Untersuchung des linken Leberrandes allein auf die Entwicklung der *Vasa aberrantia*, die morphologische Bedeutung einiger Theile des Lebergefäss-Systems, und die sich hieraus ergebenden Resultate sind wichtig genug, einer Erwähnung gewürdigt zu werden.

Die Literatur über die Morphologie der Leber lehrt uns eine seltene Übereinstimmung von Anschauungen kennen; dass die Leber eine Mannigfaltigkeit in ihrer Form aufweise, die eine für

viele Fälle passende Beschreibung nicht gut zulässt[1]; dass die Leber von Embryonen und Neugebornen weit in den Bauchraum hinab — und ins linke Hypochondrium hineinreiche, dass sie ferner beim Erwachsenen im Verhältnisse zur Grösse des übrigen Körpers betrachtet, kleiner sei als bei Embryonen, geht aus den Schriften aller betreffenden Autoren hervor. — Von diesen wollen wir nur auf Arnold[2], Boyer[3], Bartholinus[4], Frerichs[5], Glisson[6], Haller[7], Henle[8], Huschke[9], Hyrtl[10], Luschka[11], Meckel[12], Portal[13], Sauvage[14], Theile[15], M. J. Weber[16] und Schrag[17] verweisen, weil diese auch die Gewichts- und Dimensionsverhältnisse der Leber besprochen haben. — Aus allen diesen Messungen geht hervor, dass, wie übrigens schon erwähnt, die Leber des Erwachsenen, und insbesondere der linke Leberlappen verhältnissmässig kleiner sei

---

1 „Verum im omnibus non respondet, sed latitudine, longitudine, crassitie, altitudine, fibrarum (Bezeichnung für Lappen) numero; inaequalitate ex anteriori parte qua crassissimum est. Etenim in quibusdam ne fibras quidem habet, sed ex toto rotundum est, minusque rectum; quibusdam duas: aliis plures: multis et quatuor obtinet“ soll schon Herophilus über die Form der Leber geschrieben haben. — Galenus, De anatom. administ.

2 Handb. d. Anat. des Menschen Bd. II. Freiburg, 1850.

3 Traité complet d'Anatomie, Bd. IV.

4 Anatomia.

5 Klinik der Leberkrankheiten. Braunschweig, 1858.

6 Anatomia hepatis. Hagae, 1681.

7 Elem. phys. T. VI. Bernae, 1864.

8 Handb. d. Anat. Bd. II.

9 S. Th. Sömmering's Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen, umgearb. etc. von E. Huschke.

10 Topografische Anatomie, Bd. I. Leipzig, 1844.

11 Die Anatomie des Menschen, Bd. II, I. Abth. Tübingen, 1863.

12 Handb. d. menschl. Anat. Bd. IV. Halle und Berlin, 1820.

13 In Theile's Abhandl. über die Leber. Handwörterb.

14 Embryologia.

15 L. c.

16 Handb. der menschl. Anat. Bd. II. Bonn, 1842.

17 De praecipuis different. quae inter nascendum, natumque hominem obtinent. Diss. inaug. Lipsiae 1827. Ausführliche Literaturangaben über Form, Grösse etc. der Leber finden sich in einer Diss. inaug. de hepate etc. Gent, 1775, von Nesto Maximovitsch Ambodick.

als bei Embryonen, und wir wollen betreffs der letzteren Verhältnisse nur Huschke anführen, der zu dem Resultate gelangt:

1. „Dass die ganze Leber von ihrer ersten Entwicklung an fortwährend leichter wird im Verhältniss zu dem ganzen Körper, denn beim frühesten Embryo[1] verhält sie sich zum Körper wie 1 : 1, beim Erwachsenen wie 1 : 36.

2. Ihr absolutes Gewicht nimmt aber fast fortwährend zu, und nur durch die Geburt wird hier ein Stillstehen, ja selbst ein kurzes Rückwärtsgehen verursacht.

3. Dass vorzüglich der linke Lappen im schnellen Abnehmen p. p. begriffen ist, nur der *Lob. Spiegel.* und vorzüglich (der) *L. dexter* vergrössern sich.“ — Nach seiner Tabelle verhält sich der linke Lappen bei ausgewachsenen Früchten wie 1 : 2·550—960, bei solchen dagegen, die geathmet haben, wie 1 : 2·969 bis 1 : 3[2].

Wir selbst sind diesen Verhältnissen nur kurze Zeit nachgegangen, und liessen es mit wenigen Versuchen genug sein, denn wir sahen bald ein, dass die Formvariationen der Leber, und die Unmöglichkeit, bestimmte, auf alle Fälle anwendbare Orientirungspunkte zwischen rechtem und linkem Leberlappen für Messungen und Wägungen zu gewinnen, die Untersuchung zu einer höchst prekären machen. — An der convexen Leberfläche gibt wohl das *Ligamentum suspensorium hepatis* eine gute Orientirungslinie zwischen dem rechten und linken Lappen ab, an der concaven Leberfläche hingegen, wird man schwer eine ähnliche constante Linie finden, und es ist einleuchtend, dass ohne einer solchen die präcise Theilung der Leber in einen rechten und linken Lappen nicht möglich ist. — Unsere diesbezüglichen

---

[1] In abortibus, supra trigesimum diem haec tria membra, jecur, scilicet cor et cerebrum, juxta se mutuo collocatae manifeste cernuntur; jecur tamen corde et cerebro majus. Haec jecoris insignis magnitudo ratione habita caeterarum partium non solum in initio generationis foetus obtinet, sed ad partum perdurat; nec mirum, nam venarum ideoque fere totius corporis fundamentum constituit Galen. De format. foetus et de usu part. lib. XV.

[2] Auch nach Steffen's ausführlichen Untersuchungen (Jahrbuch für Kinderheilk. Neue Folge, Bd. V, Leipzig 1872) ist die Grösse der Leber nach der Geburt verhältnissmässig am beträchtlichsten.

Untersuchungen haben nur ergeben, dass die relativen Grössenverhältnisse des rechten und linken Leberlappens von Embryonen und Erwachsenen nicht so weit auseinandergehen, als man anzunehmen pflegte. Wenn daher die Leber des Erwachsenen nicht wie im Embryo die Tiefe des linken Hypochondriums ausfüllt, so ist dies gewiss auch dem ferneren Wachsthume der Rumpfwände zuzuschreiben.

Wohl findet sich nicht selten auch im Erwachsenen ein anomales Übergreifen der Leber in die Tiefe des linken Hypochondriums, wie dies schon Meckel[1] und Frerichs[2] beobachtet haben, aber nach unseren Erfahrungen ist in diesem Falle der linke Leberlappen abnorm lang, und seine Form lässt sich mit der des Embryo nicht mehr vergleichen, da er eine zungenförmige Gestalt angenommen hat. Die Lage der Milz ist, wie wir zweimal Gelegenheit hatten zu sehen, diesfalls eine nicht ganz normale; denn der linke Leberlappen schiebt sich zwischen der convexen Milzfläche und der linken Bauchwand in das Hypochondrium ein, und fixirt sich an letzterer vermittelst einer Bauchfellduplicatur. Ähnliche Fälle können bei Ermittlung der Milzdämpfung leicht zu irrigen Resultaten Veranlassung geben.

Bevor wir an die Beschreibung des eigentlich zu behandelnden Gegenstandes gehen, ist es aus Gründen, die sich später von selbst erklären werden, geboten, im Allgemeinen der häufig genug auftretenden accessorischen Lebern, deren Vorkommen nach dem Zeugnisse Hyrtl's[3] schon den Haruspices bekannt war, mit kurzen Worten zu gedenken.

Es gehört durchaus nicht zu den Seltenheiten, dass sich insbesondere an der ausgehöhlten Fläche der Leber, entweder zapfenförmige Parenchymfortsätze oder mehr kugelige, mit dem Mutterorgane durch Bindegewebsstränge in Verbindung gestellte Leberstücke finden. Haller[4] erwähnt, solche gesehen zu haben, auch W. Gruber[5] verdanken wir einige hierher gehörende

---

[1] Handb. d. path. Anat. Leipzig 1812. Bd. I.

[2] L. c.

[3] Lehrbuch der descriptiven Anatomie.

[4] L. c.

[5] Neue Anomalien. Petersb. 1849. Pag. 24.

Beobachtungen, während die von Morgagni[1], Rokitansky[2], Cruveilhier[3], Huschke[4] und Boettcher[5] beschriebenen Fälle auf angeborener Lappenbildung der Leber beruhen. Auch wir hatten Gelegenheit, einen solchen abnormen Lappen an dem linken Theile der Leber zu sehen.

Nachdem wir nun im Allgemeinen solche Verhältnisse besprochen haben, die für das Folgende von Wichtigkeit sind, gehen wir zur Beschreibung der Veränderungen des linken Leberlappens während der Wachsthumsperiode, vor Allem aber im Interesse des Verständnisses der zu berührenden Verhältnisse, zur Beschreibung des *Ligamentum triangulare sinistrum* über.

II. Über das Ligamentum triangulare sinistrum.

Dieses fixirt sich, wie schon Theile[6] angibt, nicht wie man bis dahin beschrieb, an dem hinteren Rande der Leber, sondern $^1/_2$—$1^1/_2$ Cm. von diesem entfernt an der convexen Leberfläche (Fig. 6). Bei Embryonen und auch bei jüngeren Kindern bleibt sich die Entfernung des Bandes von dem hinteren Leberrande entlang der ganzen Insertionslinie ziemlich gleich.

Der linke Rand der Leber steht mit dem Bande in keiner Verbindung, da dasselbe einige Millimeter median vom Rande die Leber verlässt, sich auf dem tendinösen Antheile des Zwerchfelles in Form einer Sichel nach links fortsetzt und schliesslich an dem äussersten Rande des *Centrum tendineum* endigt.

Bei Erwachsenen ist diese sichelförmige Fortsetzung des *Ligamentum triangulare sinistrum* für gewöhnlich stark ausgebildet, und befindet sich im erschlafften Zustande, wenn die Leber knapp der Concavität des Zwerchfelles anliegt.

Anomalien dieses Bandes kommen häufig vor; so z. B. verlängert es sich über die normale Grenze hinaus und endigt an der Milzoberfläche; es sendet überdies noch eine accessorische

---

[1] Oper. omn. Tom. III. De sedibus et causis morborum Patavii 1765.

[2] Lehrbuch der patholog. Anotomie, Bd. III.

[3] Anotomie descriptive. Tom. I. Bruxelles, 1837.

[4] L. c.

[5] Virchow's Archiv Bd. XXXIV.

[6] L. c.

Peritonealfalte zum grossen Magenbogen, oder es kömmt in dem Bande zur Bildung von Taschen, und einen diesbezüglichen Fall wollen wir nicht unterlassen besonders zu erwähnen.

In der Leiche eines wenige Wochen alten Kindes war der linke Leberlappen zungenförmig ausgewachsen und umgriff mit einer Portion so vollständig die Milz, dass diese zwischen Leber und Magen zu liegen kam.

Die Spitze des linken Lappens war an einer 1·4 Cm. langen und nahezu ebenso hohen Stelle schon stark verdünnt.

Die Injection der Blutgefässe drang nur bis an den Rand des atrophischen Theiles vor, in das *Ligamentum triangulare sinistrum* dagegen gingen keine Gefässstämme über.

Das linke Band erfreute sich einer besonderen Länge und Breite, umgriff die convexe Milzfläche, und ging zum Theil in den Milzüberzug, zum Theil in das vor der linken Niere lagernde Peritonäum über. Zwischen diesen zwei Insertionspunkten besteht nun das Band aus zwei Schenkeln, von welchen der mehr links lagernde kürzer ist, und einen nach oben und rechts sehenden freien schwach geschweiften Rand besitzt. Die beiden Schenkel bildeten die Wände einer über haselnussgrossen Tasche.

III. Über die Form des linken Leberlappens.

Untersucht man die Leber eines Embryo, so findet man, dass sich ihr linker Lappen stets durch einen distincten und ziemlich starken Rand begrenzt. Dies trifft wohl auch mitunter bei Kindern und Erwachsenen zu, in zahlreichen Fällen hingegen, wird man sowohl bei Kindern als Erwachsenen vergebens eine scharfe Begrenzung des linken Leberlappens suchen. Statt einer solchen wird man vielmehr Gelegenheit haben, Folgendes zu beobachten:

1. Der schon bei kindlichen Individuen oft stark zugeschärfte linke Leberrand ist bindegewebig, und das sich diesem anschliessende Leberparenchym ist an einer 1—3 Mm. breiten Zone heller gefärbt und verdünnt (s. Fig. 1).

2. Ein grösseres Stück des linken Leberrandes ist zu einer braunen papierblattdünnen Platte umgewandelt, an deren Flächen die grösseren Ramificationen der Blutgefässe und Gallengänge frei zu Tage liegen.

Diese verdünnte Stelle setzt sich gegen das Parenchym des übrigen Leberlappens scharf ab, und wir ersehen aus diesem Befunde, dass der linke Lappen nicht allmälig gegen seine Ränder schwächer geworden ist, sondern sich von einer Stelle an rasch verdünnt. Schlägt man in diesen Fällen das *Ligamentum triangulare sinistrum* auf- oder abwärts, so macht der atrophische Theil der Leber — wie wenn er zum Bande gehörte — jede dieser Bewegungen mit.

3. An anderen Objecten erstreckt sich die verdünnte Stelle des linken Leberlappens auf ein noch ausgedehnteres Terrain. Man trifft diesfalls kein eigentliches abgerundetes Ende des linken Lappens an, sondern einen beträchtlichen bindegewebigen Ausläufer desselben, der zum grössten Theile mit dem *Ligamentum triangulare sinistrum* verschmolzen ist, und sich nur an der unteren Fläche durch freie Ränder gegen das Band absetzt. In diesem bindegewebigen Theile der Leber, den wir der Kürze halber weiterhin als häutigen Anhang der Leber bezeichnen wollen, zeigen sich noch neben den constant vorhandenen, selbst bis 2 Mm. im Querdurchmesser haltenden Blutgefässen und Gallengängen verschieden geformte Inseln von Lebersubstanz. Auch die Grenze der Leber gegen ihn ist so mannigfach, dass in morphologischer Hinsicht der häutige Anhang der Leber zahlreichen individuellen Schwankungen unterliegt, von denen wir nicht anstehen, einige näher zu besprechen:

1. Es verdünnt sich die Leber, je näher sie dem häutigen Anhange liegt, immer mehr und mehr, so dass an der Übergangsstelle der differenzirten Gewebe nur mehr eine sehr dünne, durchscheinende, blassgelbliche, crenelirte Zone von Leberparenchym liegt, die hie und da mehrere Mm. lange, zungenförmige Fortsätze zwischen die Platten des häutigen Anhanges einschiebt.

2. Es liegen zwischen den grossen Gefässen und Gallengängen im häutigen Anhange, mehr oder minder reichlich, weissgelbliche sehr dünne, hirsekorn- bis etwa bohnengrosse Parenchyminseln, die sehr häufig weder mit der Leber, noch mit anderen nachbarlichen Inseln zusammenhängen, sondern vollständig isolirt sind (Fig. 3 und 6). Schliesslich sei noch erwähnt, dass in den eminent entwickelten Fällen ein 5 Cm. langes und

ebenso breites Stück des linken Leberlappens zu einem häutigen Anhange entwickelt ist, und in diesem lässt sich weder makroskopisch, noch mikroskopisch die Spur von Inseln oder Leberzellen erkennen.

Wir sehen somit, dass am linken Leberlappen während der Wachsthumsperiode wesentliche Veränderungen sich vollziehen. Die Leber verliert ihre scharfe Begrenzung am linken Rande, allmälig schwindet hier das Parenchym an einer mehr oder minder grossen Stelle, Inseln von Lebersubstanz bleiben zurück, oder auch diese fallen dem Schwunde anheim, so dass nur die Blutgefässe und Gallengänge, die insgesammt ehemals verborgen im Parenchyme lagen, im häutigen Anhange der Leber zurückbleiben.

An Stelle des geschwundenen Lebergewebes tritt keine nennenswerthe Einlagerung von Bindesubstanz, sondern es schliessen sich die beiden Platten der leergewordenen Leberkapsel innig aneinander, verwachsen und bilden den sogenannten häutigen Anhang der Leber. Durch diese Beobachtungen erhalten die bisher keineswegs bewiesenen, aber häufig gemachten Angaben, es verkleinere sich der linke Leberlappen nach der Geburt, eine sichere Grundlage.

Für die Art und Weise, in der der linke Leberlappen sich verkleinert, gibt auch das schon besprochene *Ligamentum triangulare sinistrum* werthvolle Anhaltspunkte ab. Der linke Leberlappen verkleinert sich nämlich nicht nur in frontaler, sondern auch in sagittaler Richtung; sein hinterer Rand wird dünner, nähert sich immer mehr und mehr der Leberinsertion des *Ligamentum triangulare sinistrum*, und an jener Stelle, an welcher der häutige Anhang beginnt, steht das Band gar nicht mehr vom hinteren Leberrande entfernt, sondern fliesst vielmehr mit diesem zusammen. Mit den Metamorphosen des linken Leberlappens verändern sich gleichzeitig die Lagerungs- und scheinbar auch die Grössenverhältnisse des genannten Bandes in sehr augenfallender Weise. Indem nämlich das Lebergewebe in der Umgebung des linken Leberrandes geschwunden ist, und an Stelle des geschwundenen Parenchyms nur die Leberkapsel zurückbleibt, die sich innig dem *Ligamentum triangulare sinistrum* anschliesst, hat es bei nicht ganz gründlicher Untersuchung den

Anschein, als wäre das Ligament beträchtlich breiter geworden. Die Injection der Gefässe aber und insbesondere die Betrachtung der unteren Fläche des *Ligamentum triangulare sinistrum* lässt stets noch die Grenze des häutigen Anhanges gegen das genannte Band wahrnehmen. Ferner scheint in vielen Fällen das *Ligamentum triangulare sinistrum* sich bis an den vorderen Leberrand zu erstrecken, und zwar dann, wenn ein grosser Theil des linken Leberlappens geschwunden ist[1].

Die beschriebenen Vorgänge verändern je nach dem Grade ihrer Ausbildung das Gesammtbild der Leber, und es wird daher gegebenenfalls die Form der Leber im Embryo von der des Erwachsenen wesentlich abweichen. Erstere läuft in ihrem linken Antheile gegen den hinteren Leberrand mehr spitz zu, während ein ähnliches Verhalten an der ausgebildeten Leber gerade nicht allzu häufig beobachtet wird.

Bei der Auswahl der Objecte, auf die sich unsere Untersuchung stützt, sind wir, um den Vorwurf zu vermeiden, als hätten wir es hier mit pathologischen Processen zu thun, sehr vorsichtig zu Werke gegangen. Wir berücksichtigten nur jene Fälle, welche weder makroskopisch, noch mikroskopisch einen krankhaften Zustand nachweisen liessen, und strebten für die späteren Stadien, Materiale von jugendlichen Selbstmördern zu acquiriren. Sollte diese Vorsicht nicht für ausreichend genug angesehen werden, so verweisen wir noch auf die besondere Häufigkeit der beschriebenen Vorgänge und zweifeln nicht, dass ein Jeder, der die Untersuchung wiederholt, zu denselben Resultaten und Schlüssen gelangen werde.

---

[1] Wenzel Gruber beschreibt (Österr. Zeitsch. für prakt. Heilk. XV. Jahrg. Wien 1869) ein abnorm entwickeltes *Ligamentum triangulare sinistrum hepatis*, welches von der ganzen Breite eines wie quer abgestutzten linken Leberlappens ausging und hier eine Länge von 2″ 9‴ besass. — Es kann wohl nicht bestritten werden, dass eine solche Anomalie allein von dem Bande ausgehe, aber es ist doch sehr wahrscheinlich, dass auch hier eine besondere Entwicklung des häutigen Anhanges der Leber vorgelegen ist.

IV. Über das Verhalten des Ligamentum suspensorium hepatis zum Leberparenchym.

An jugendlichen Personen, insbesondere Kindern, bietet auch das *Ligamentum suspensorium hepatis* nicht selten Gelegenheit dar, Vorgänge wahrnehmen zu können, die sich in einigen Punkten mit den Veränderungen des linken Leberlappens vergleichen lassen.

Es findet sich, und zwar ziemlich häufig, an der linken Seite des *Ligamentum suspensorium hepatis* eine mehr oder minder tiefe Furche, deren rechter Saum sich zuweilen zu einer vom vorderen bis zum hinteren Leberrande reichenden Leiste entwickelt, die stellenweise 4—5 Mm. hoch wird, und sich zwischen die Platten des Aufhängebandes einschiebt (Fig. 4 und 5). Diese Leiste besitzt die Farbe und Structur des Leberparenchyms, und ähnlich dem atrophischen Rande des linken Lappens verdünnt auch sie sich immer mehr gegen ihren freien Rand. Diese Leiste scheint späterhin auch zu schwinden, da man an ihrer Stelle zuweilen blos eine verschieden lange, ganz schwache, durchsichtige und blassgelbliche Zone erblickt, deren mikroskopische Untersuchung Leberläppchen und Leberzellen erkennen lässt.

Der Fund einer solchen Leberleiste (Fig. 5 und 6) in der Leiche eines 4jährigen Kindes war für uns ursprünglich die Veranlassung gewesen, neuerdings auf eine Untersuchung der Leber einzugehen.

Isolirte bis $^3/_4'''$ im Durchmesser habende, rundliche oder unregelmässig gestaltete Neubildungen von Lebergewebe sind von Wagner [1] in zwei kindlichen Leichen zwischen den Platten des *Ligamentum suspensorium hepatis* zunächst dem Nabel eingestreut gefunden worden. Er schliesst dieselben an die beobachteten Fälle von Nebenpankreas, Nebenschilddrüsen, Nebenmilzen etc. an.

---

[1] Arch. f. prakt. Heilk. Leipzig 1861.

V. Über die Vasa aberrantia.

a) Im *Ligamentum triangulare sinistrum.*

Es ist klar, dass die Betrachtung der bisher geschilderten Verhältnisse auf die Entstehungsweise der von E. H. Weber[1] ausführlich behandelten *Vasa aberrantia* zurückführt; denn es muss doch bei Berücksichtigung der geschilderten Befunde die Frage auftauchen, ob sich die Blutgefässe und Gallengänge in dem häutigen Anhange erhalten, oder mit dem Schwunde des Lebergewebes gleichen Schritt haltend zu Grunde gehen.

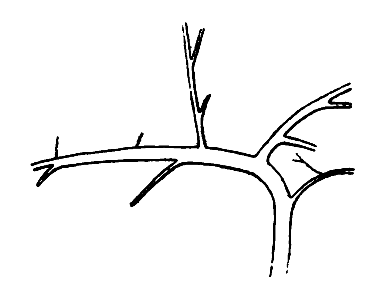
Bei Betrachtung der *Vasa aberrantia* ist es vor Allem geboten, eine strenge Scheidung zwischen Gallengängen und Gallengangdrüsen zu treffen. Letztere, die Gallengangdrüsen, sind eigentlich blos Adnexe der Gallengänge; will ja sogar Riess[2] dieselben in den Wänden der Gallengänge liegen sehen. Anatomisch stehen dieselben in keinem Zusammenhang mit den Parenchymzellen der Leber, daher finden sie sich auch ausserhalb des Lebergewebes, an Stellen, wo grössere Gallengänge freiliegen. Weil nun die in der *Porta hepatis* gelagerten Gallengänge die grössten sind, so werden auch die an denselben haftenden Drüsengänge die längsten und verzweigtesten der Leber sein.

---

[1] Müller's Archiv 1843. u. Annot. anat. et physiol. pag. 229. Die freiliegenden Gallengänge in der *Porta hepatis* und *Fossa longitudinalis sinistra*, ferner am Leberrande und um die Gallenblase herum, wurden von E. H. Weber (l. c.) gefunden. Die des *Ligamentum triangulare sinistrum* waren schon Ferrein (Mem. de l'acad. d. scienc. 1753) nicht unbekannt und nach ihm haben Weber (l. c.), Theile (Handwörterbuch der Physiologie), Kiernan (Phil. Trans. 1833), Beale (On the Anatomy of the Liver, London 1855), Hyrtl (Descriptive Anatomie), Langer (Descriptive Anatomie), Henle (Eingeweidelehre) u. A. dieselbe Beobachtung, doch nicht in allen Fällen gemacht. — Die Weber'sche Ansicht betreffs der Bedeutung der *Vasa aberrantia* ging darauf hinaus, dieselben für unentwickelt gebliebene Äste der Gallengänge anzusehen. Vortreffliche Abbildungen über Gallengangdrüsen verdanken wir Beale, Henle, Luschka, Riess, Sappey und Wedl (Sitzungsb. der k. Akad. in Wien, 1850).

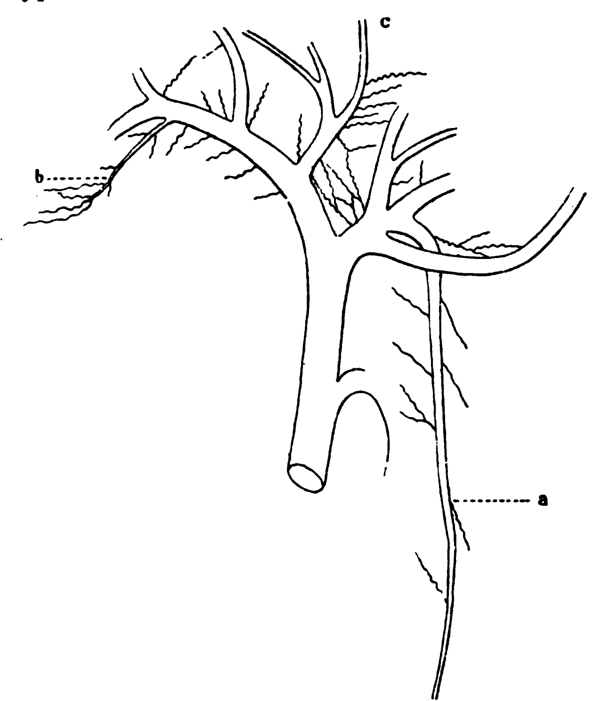
[2] Reichert's Archiv, 1863.

Die Netze der Gallengangdrüsen in der *Porta hepatis* des Neugeborenen sind viel spärlicher, als beim älteren Kinde und



Gallengangverzweigung in der *Porta hepatis* eines 6 Monate alten weiblichen Kindes.

Erwachsenen; die Astfolge der Gallengänge hingegen zeigt, wie aus nebenstehenden Figuren ersichtlich, beim Kinde denselben Typus als beim Erwachsenen.



Gallen gangverzweigung in der *Porta hepatis* eines 22jährigen Mannes.
a. In der Furche für die Gallenblase, freiliegend.
b. Geht zu einer über dem *Ligamentum teres* ausgespannten Brücke.
c. Geht zum *lob. quadratus.*

Die *Vasa aberrantia* betreffend, sind eigentlich nur jene Ausläufer der Gallengangverzweigung als solche anzusprechen, welche man so häufig im *Ligamentum triangulare sinistrum* (Taf. I, Fig. 7) in der Brücke der *Fossa longitudinalis sinistra*, um die untere Hohlader, am *Fundus* der Gallenblase und hinter dieser findet. Nur diese wollen wir *Vasa aberrantia* nennen und dabei nicht unerwähnt lassen, dass auch sie häufig genug mit Drüsen versehen sind. *Vasa aberrantia* im eigentlichen Sinne des Wortes könnten auch jene grossen Zweige von Pfortader- und Lebervenen genannt werden, die gewöhnlich in Begleitung der freiliegenden Gallengänge verlaufen; auch sie entstehen, wie wir gesehen haben, auf die gleiche Weise, wie die des Parenchymes entblössten Gallengänge, und kommen ihrer ursprünglichen Leistung auch nicht nach, weil sie nicht mehr in Lebersubstanz verlaufen.

Die Erklärung des Auftretens der *Vasa aberrantia* bereitet nach all' dem Vorhergegangenen keine Schwierigkeiten mehr. Die des *Ligamentum triangulare sinistrum* (Fig. 3, 4 und 7) kommen eben dadurch zu Stande, dass, wie wir gesehen, ein mehr oder minder ausgiebiges Stück des linken Leberlappens während der Wachsthumsperiode schwindet; es schwindet in diesem Falle aber nur das Leberparenchym, während die grossen Blutgefässe und Gallengänge erhalten bleiben.

Kommt es, wie selten, nicht zur Bildung eines häutigen Anhanges, dann findet man diesbezüglich im Erwachsenen dieselben Verhältnisse obwalten wie im Embryo, das heisst, man sieht einen scharfen linken Leberrand, aber keine *Vasa aberrantia* und grossen Blutgefässe im *Ligamentum triangulare sinistrum*. Dies ist nur in dem Sinne gemeint, dass keine grösseren, ehemals im Lebergewebe eingebetteten Blutgefässe freilägen. — Feinere Blutgefässe findet man immer im *Ligamentum triangulare sinistrum* nach Injection der Lebergefässe; dies sind jedoch nur Ästchen, welche einerseits mit den Leber- und Kapselgefässen, anderseits mit den peritonäalen Gefässen im Zusammenhange stehen. Weil nun die letzteren im *Epigastrium* mit den Arterien und Venen des *Diaphragma* communiciren, gelingt es z. B., durch die Zwerchfellvenen die Kapselgefässe der Leber und auch die Pfortader streckenweis zu füllen.

Bei Durchsicht der uns zugänglichen Literatur ergibt sich, dass die Beweise eines wirklichen Gewebsschwundes an der wachsenden Leber bisher nicht beigebracht wurden; wohl aber haben die zahlreichen Untersuchungen, die der Entstehungsweise der *Vasa aberrantia* gewidmet wurden, zu Aussprüchen geführt, die durch unsere Untersuchung ihre vollkommenste Bestätigung erfahren. Am sichersten sprechen sich Theile[1], Beale[2], Riess[3] und Sappey aus[4].

Nach Theile ist das Vorkommen der *Vasa aberrantia* im *Ligamentum triangulare sinistrum* offenbar auf eine Atrophie eines Theiles des linken Leberlappens zurückzuführen, und Riess erklärt sich dahin, dass wahrscheinlich um die Gallengänge das Parenchym geschwunden sei. — Es soll hier nur abermals darauf aufmerksam gemacht werden, dass die *Vasa aberrantia* nicht im *Ligamentum triangulare sinistrum*, sondern in einem häutigen Anhange der Leber liegen, den man bisher als integrirenden Bestandtheil des genannten Bandes angesehen hat.

Beale äussert sich bezüglich der menschlichen Leber ganz ähnlich wie Theile und Riess, führt aber schon einen Fall an, wo er im Pferde eine ganz besondere Verdünnung des linken Leberlappens beobachtet hat und Sappey schreibt: On voit quelquefois sur certains points de la surface du foie les lobules s'atrophier peu-à-peu, puis disparaitre complétement et laisser alors à decouvert les conduits biliaires correspondants, qui deviennent au contraire le siège d'une hypertrophie remarquable.

b). *Vasa aberrantia in der Brücke der Fossa longitudinalis sinistra.*

Die *Fossa longitudinalis sinistra* der Leber wird für die meisten Fälle von einem parenchymatösen oder bindegewebigen Strange, der betreffs Stärke und Form zahlreichen Variationen unterworfen ist, in einen mehr oder minder vollständigen Canal umgewandelt.

---

[1] L. c.

[2] L. c.

[3] L. c.

[4] Traité d'Anatomie descriptive. Paris 1873. Taf. IV. prem. part.

Zuweilen ist die Brücke so breit, dass ein *Lobulus quadratus* der Leber im eigentlichen Sinne gar nicht existirt, sondern in den linken Lappen einbezogen ist; häufig wieder fehlt diese Brücke vollständig, oder man findet in der Tiefe der linken Längsfurche eine schmale, durchscheinende, das Aussehen des Peritonäums darbietende Platte.

Zwischen den beiden Formen (parenchymatöse und bindegewebige) der oberflächlichen Brücke nimmt man in Leichen von Kindern und Erwachsenen Zwischenstufen wahr. — Die Parenchymbrücke ist schmäler, dünner, wird durchsichtig; stellenweise, z. B. an ihrem Rande oder in ihrer Mitte findet man schon eine bindegewebige Strecke, in die das Lebergewebe, sich zuschärfend, übergeht, bis schliesslich an Stelle der Parenchymbrücke ein Bindegewebshäutchen zurückbleibt. — Es kann daher mit Sicherheit angenommen werden, dass die bindegewebige Brücke durch einen in den späteren Entwicklungsphasen eintretenden Schwund der parenchymatösen Brücke entstehe. — Analog den Vorgängen im häutigen Anhange der Leber bleiben auch hier die Gallengänge, Pfortader- und Lebervenenstämme zurück. Findet man dagegen in der Tiefe der Furche die schon vorher erwähnte Brücke von dem Aussehen des Bauchfelles, so ist diese nicht etwa auch als ein Residuum eines einstigen Parenchymbalkens anzusehen, denn niemals gelingt es, in ihr Pfortaderäste und Gallengänge zu finden. Wir halten sie daher blos für eine Duplicatur des Peritonäums.

c) Vasa aberrantia der Hohladergegend.

Druck von benachbarten Organen bringt an umschriebenen Stellen der Leber Gewebsschwund zu Stande, wofür insbesondere durch Rokitansky's[1] Untersuchungen die Beweise beigebracht worden sind. — Aber schon Schrag erwähnt in seiner Inauguraldissertation[2], dass das Volum des linken Leberlappens im Embryo desshalb dem des rechten gleich sei, da „in illum ventriculus nondum vim prementem exserat“.

---

[1] Österr. Jahrb. Bd. XX.

[2] De praecipuis differentiis quae inter nascendum natumque hominem obtinent. Lipsiae 1827.

Auf mechanische Weise erklären sich die gehöhlten, wie geschliffen aussehenden, grossen, gegen die übrige concave Leberfläche scharf abgesetzten, hie und da blossliegende Gefässramificationen darbietenden Stellen der Leber für die *Flexura coli dextra* und den Magen, und ferner das Vorkommen von *Vasa aberrantia* in der Umgebung der Gallenblase und der *Cava inferior*.

Letztere liegt im Embryo und auch zuweilen noch bei Kindern der ersten zwei Lebensjahre, nicht wie im Erwachsenen mit ihrer hinteren Fläche frei, sondern es durchbohrt die Vene gleichsam excentrisch das Lebergewebe und somit ist das Leberstück der unteren Hohlader allerseits von Parenchym umschlossen. — Ähnlich wie an der Brücke der *Fossa longitudinalis sinistra* zeigen sich auch hier während der Entwicklungsphase Übergänge des Lebergewebes bis zur vollkommenen Umwandlung in eine bindegewebige Brücke. — Man findet in einer Leiche an der hinteren Fläche der Hohlader das Parenchym schon ausnehmend verdünnt, in einer anderen ist die Mitte der Brücke schon bindegewebig geworden und schliesslich trifft man nur mehr eine aus Bindesubstanz gebildete Membran, betreffs welcher wir auf eine von Henle (Eingeweidelehre, pag. 220) gegebene Abbildung verweisen.

Dass die bindegewebige Brücke einem ehemaligen Parenchymbalken entspreche, dafür geben die in demselben verlaufenden *Vasa aberrantia* und grossen Blutgefässe ein beredtes Zeugniss ab. — Die Ursache des Schwundes dürfte die Folge des Druckes sein, den die strotzende untere Hohlader auf ihre Umgebung ausübt; daher kommt es auch, dass die *Vasa aberrantia* zuerst an der Innenfläche der Brücke erscheinen und dass überhaupt rings um die *Cava inferior Vasa aberrantia* reichlich gefunden werden.

d) Vasa aberrantia in der Gallenblasengegend.

Das Auftreten dieser steht mit dem Wachsthume und den Ausdehnungsverhältnissen der Gallenblase in innigster Beziehung.

Im Embryo ist die Gallenblase noch verhältnissmässig kurz und ihr Fundus reicht mit seltenen Ausnahmen nicht bis an den

vorderen Leberrand. *Vasa aberrantia* sind weder an dieser Stelle, noch an einer anderen der Leber zu bemerken. — Wird die Gallenblase nun grösser, so bildet sie sich gleichsam selbst eine Grube in der Leber und erreicht sie endlich den vorderen Leberrand, so findet sich hier häufig nur mehr das entsprechende Stück der Leberkapsel. — Dies zu sehen, kann man schon bei wenige Monate alten Kindern Gelegenheit haben.

Es trifft sich auch öfters, dass die voluminöser werdende Gallenblase nicht direct gegen den vorderen Leberrand, sondern etwas entfernt von diesem gegen das Lebergewebe sich ausdehnt.

In diesem Falle zeigt sich auf der convexen Leberfläche, $^1/_2$—1 Cm. vom vorderen Leberrande entfernt, ein bindegewebiges Feld (Leberkapsel), welches zuweilen noch eine dünne Schichte Lebergewebes enthält und bei dessen Berührung man die Fluctuation der Gallenblase fühlt. Im weiteren Verlaufe schwindet das ganze den Fundus der Gallenblase umgebende Lebergewebe, es bleibt nur die zusammengesunkene Leberkapsel zurück, und zwischen deren Platten die grösseren Blutgefässe und Gallengänge.

Je stärker der Gallenblasenfundus sich ausdehnt, desto mehr Gewebe schwindet in dessen Bereiche und in desto reichlicherer Menge bieten sich *Vasa aberrantia* dar.

VI. Über die Entwicklung der Nebenlebern.

Dass Leberparenchym während der Wachsthumsperiode der Leber nach der Geburt schwinde, ergibt sich auch bei der Betrachtung der sogenannten Nebenlebern. — Unter diesen versteht man der Grösse und Form nach mannigfach variirende Stücke Lebergewebes, welche sich vermittelst eines Bindegewebsstieles dem Mutterorgane anschliessen. — Sie treten zumeist an der concaven Leberfläche, nahe dem vorderen Rande auf, doch bot sich uns in zwei Fällen Gelegenheit dar, sie auch an der convexen Fläche beobachten zu können. — Bei Embryonen und Kindern zeigen sie sich seltener, hingegen finden sich in

diesen ausserordentlich häufig zapfen- oder zungenförmige Anhänge des viereckigen Lappens[1]).

Verfolgt man diese Anhänge bei Kindern aus verschiedenen Lebensperioden, so ergeben sich für den der Leber näher gelegenen Theil eines solchen Anhanges sehr verschiedene Bilder; das Basalstück ist dünner, durchsichtiger, mehr lichtgelb gefärbt, an einer Stelle zeigt sich die Verschmälerung insbesondere auffallend; die verschmälerte, wie eingeschnürt aussehende Stelle ist bindegewebig und das sich anschliessende Parenchym des Basalstückes beiderseits (ober- und unterhalb der verdünnten Stelle) kegelförmig zugespitzt; die bindegewebige Stelle ist verschieden gross und in den vornehmlich ausgebildeten Fällen substituirt sie selbst das ganze Basalstück. — In diesem verlaufen Gefässe und Gallengänge zur so entwickelten Nebenleber und nebenbei noch *Vasa aberrantia* und freigewordene Blutgefässe.

VII. Über den Typus der Vasa aberrantia und ihr Verhalten zum Lebergewebe.

Den allgemeinen Typus der *Vasa aberrantia* anlangend, lässt sich derselbe mit einer baumförmigen Verzweigung vergleichen, deren Äste durch gegenseitige Anastomosen stellen-

---

[1] Es kommt, wie wir einmal sahen, selbst vor, dass der viereckige Lappen im eigentlichen Sinne des Wortes nur einen grossen, 2·6 Cm. langen und 7 Mm. breiten Fortsatz der Leber bildet. Dieser ist nur mit seinem hinteren Ende fixirt, während sein Hauptstück frei in die Bauchhöhle hineinragt. Neben dieser Bildung des *Lobulus quadratus* findet sich überdies ein ungewöhnliches Verhalten des Peritonäums in der Lebergegend, welches an dem Zustandekommen des freien viereckigen Lappens einen gewissen Antheil genommen haben dürfte. Es geht nämlich von dem *Ligamentum hepato-duodenale* unmittelbar im *Hilus hepatis* in Form eines Halbmondes eine Bauchfellfalte ab, die sich allmälig verschmälert an die linke Gallenblasenfläche heftet. — Am Fundus der Gallenblase entfaltet sich diese zu einer stattlichen Membran, welche hinter dem freien *Lobus quadratus* zur Nabelvenengrube verläuft. Der hintere Rand der Membran ist an die Leber fixirt, der vordere, halbmondförmige, eine Arterie und Vene führende hingegen frei, und so bildet denn die Falte mit der Leberfläche einen Blindsack, zu welchem sich die peritonäale Membran gerade so verhält, wie eine Aortenklappe zum *Sinus Valsalvae*.

weise zu einem Maschenwerke sich ausbilden, von dem wir jedoch nicht sagen könnten, dass es so reichlich und grobmaschig sei, wie in den von Henle (Eingeweidelehre, Seite 220) gegebenen Abbildungen. — Ferner ist der Umstand von grosser Wichtigkeit und gleichzeitig ein Zeugniss für die Richtigkeit der gegebenen Erklärung des Entstehens der *Vasa aberrantia*, dass, wie wir dies im *Ligamentum triangulare sinistrum* und in dem Bande der Hohlader gesehen haben, die Verzweigungen der *Vasa aberrantia* nicht in einer Ebene liegen. — Die Gallengänge der verschiedenen Ebenen anastomosiren, wenn auch nicht sehr reichlich, doch an vielen Stellen mit einander. — Die *Vasa aberrantia* bilden in ihren Ausläufern gespitzt endende feine Canälchen oder, wie in Fig. VII zu sehen, bildet ein grosser Gallengang am Leberrande einen Bogen mit freiem Ende.

Eine genauere Betrachtung lehrt fernerhin, dass die in der Gallenblasengegend und Hohladerfurche sich verzweigenden *Vasa aberrantia* noch in einem gewissen Verkehre mit der Lebersubstanz stehen. — Die grösseren *Vasa aberrantia* dieser Stellen senden nämlich nicht nur feinere Äste ab, sondern nehmen noch Gallengänge aus dem Leberparenchym auf. — So kommt es also, dass ein ganz freiliegendes *Vas aberrans hepatis* unter gegebenen Verhältnissen in der Lage ist, Galle aufzunehmen und sie auch weiter zu befördern.

Die grossen Gallengänge der *Porta hepatis* sammt ihren Adnexen sind von einem sehr reichlichen Gefässgeflechte umsponnen, welches sich aus Zweigen der *Arteria hepatica* und *Vena portae* zusammensetzt[1].

Nachdem so festgestellt ist, dass an bestimmten Gegenden der Leber während des Wachsthums ein Schwinden des Gewebes statt hat, und zwar hervorgerufen wird durch Umstände, welche entschieden nicht als krankhaft bezeichnet werden können, müssen wir uns die Frage vorlegen: Wie kommt es im Grossen und Ganzen zu jener Form der Leber, welche wir im

[1] Eine gelungene Injection lehrte uns am linken unteren Leberrande und am vorderen Rande der die *Fossa longit. sin.* deckenden Brücke arterielle Randgefässe kennen.

einzelnen Falle an ausgewachsenen Individuen treffen und wie lassen sich etwa die zahllosen Varietäten derselben erklären? Wir müssen zur Beantwortung dieser Frage einige bereits bekannte Thatsachen herbeiziehen.

Für's Erste ist die Convexität der oberen und vorderen Fläche der Leber beim Embryo auffallend stärker als beim Kinde und beim erwachsenen Menschen. Dieser Umstand fällt zusammen mit dem Hochstand und der bedeutenderen Wölbung des Zwerchfelles beim Embryo. Weiters wird die Form der Leber erfahrungsgemäss durch höhergradige, bleibende Gestalt-Veränderungen der Rumpfwände sehr bedeutend beeinflusst; wir erinnern nur an die Formen, welche man bei Rückgratverkrümmungen, bei Schnürbrust u. dgl. findet. Bei Personen ferner, deren Quergrimmdarm stark ausgedehnt und in eine aufwärts gebogene Schlinge gelegt ist, kommt häufig eine tiefe Bucht in dem vorderen Leberrande vor, welche als Lagerungsstätte dieser Schlinge dient. Wir erinnern endlich an die tiefen Furchen an der convexen Leberfläche, welche nach unserer Beobachtung auch durch Faltenbildung des Zwerchfells nach chronischer Pleuritis entstehen, an Abplattungen der convexen Fläche durch pleuritische Ergüsse u. dgl. mehr. Wenn wir alledem noch hinzufügen, dass der unter physiologischen Bedingungen erfolgende Schwund des Lebergewebes nothwendig Veränderungen der Form nach sich ziehen müsse, so darf man es wohl als eine gesicherte Thatsache hinstellen, dass die äussere Configuration der Leber und insbesondere die räumliche Ausdehnung gewisser Abschnitte derselben vorzugsweise bedingt ist durch die Gestaltung und durch den Zustand der die Leber umgebenden Theile. Die vielfachen individuellen Modificationen der letzteren geben uns den Schlüssel an die Hand, um die zahlreichen Formvariationen der Leber auch für den sogenannten Normal-Zustand derselben zu erklären.

Während es einerseits die grosse Weichheit und Schmiegsamkeit der Lebersubstanz ist, welche die Anpassung der Oberfläche an die Formen der Umgebung ermöglicht, ist es andererseits ein entschiedener Schwund von Lebergewebe, veranlasst durch Druckwirkungen von Seite der Nachbarschaft, welcher gewissen Gestaltungen des Organes zu Grunde liegt.

B. Histologischer Theil.

I. Blutgefässsystem.

Aus guten Gründen ist es seit Langem fast allgemein Sitte geworden, der Beschreibung des mikroskopischen Baues der Leber die Ramifications-Verhältnisse der Blutgefässe voranzuschicken und zu Grunde zu legen. Auch Dem, der die Wachsthumsveränderungen der Lebersubstanz studiren will, drängt sich naturgemäss eine gewisse Reihenfolge in der Untersuchung auf, deren erstes Glied die Anordnung der Blutgefässe betrifft. Schon aus dem Grunde, weil sie einen grösseren Antheil des ganzen Organes für sich in Anspruch nehmen, als dies bei anderen Parenchymen der Fall ist, müssen sie unsere Aufmerksamkeit zunächst rege machen.

Umsomehr aber geschieht dies, als durch ihre eigenthümliche Verlaufsweise und Verästlung eine gewisse Gliederung der Lebersubstanz erzeugt wird, welche sich an im Wachsthum weiter vorgeschrittenen Lebern auch dem freien Auge leicht kund gibt. Diese Gliederung gibt uns vor Allem ein leitendes Moment für die Untersuchung an die Hand, dessen wir umsomehr bedürfen, da an der menschlichen Leber die Gestaltung der Drüsenelemente keineswegs klar zu Tage liegt. Es gewinnt so das Blutgefässsytem derselben, wenigstens als Object der mikroskopischen Untersuchung, einen mehr selbständigen Charakter, als wie an anderen Parenchymen.

Zur vergleichenden Beobachtung von Lebern aus verschiedenen Wachsthumsperioden eignen sich nach dieser Richtung besonders solche, deren Pfortader- und Lebervenen nach vorhergegangener möglichster Entblutung mit verschieden gefärbten — am besten Leim- oder Harzmassen — soweit injicirt sind, dass das Capillarsystem noch grossentheils frei geblieben ist. Hat man das Materiale möglichst gleichmässig bis zur Schnittfähigkeit in mässig starkem Weingeist erhärtet und Schnitte davon aus entsprechenden Partien in gleichartiger Richtung geführt, dieselben noch allenfalls mit Carmin tingirt, so ergeben sich recht augenfällige, mit den Wachsthumsphasen im Zusammenhang

stehende Differenzen in den mikroskopischen Bildern. Für die ersten embryonalen Entwicklungsstufen muss man naturgemäss sich ohne Injection behelfen.

Zur Veranschaulichung der bestehenden Verhältnisse im Grossen und Ganzen möge vorerst das neugeborne Kind dem erwachsenen, zwanzigjährigen Manne gegenübergestellt werden. Für die Leber des letzteren ist die deutliche Sonderung einzelner Blutgefässbezirke, die reichliche Umrahmung des Zuflussgebietes einer jeden Venenwurzel — Innenvene — durch Pfortaderverästlungen eine so bekannte Erscheinung, dass wir uns eine nähere Beschreibung derselben füglich erlassen können. Hat sie ja zu der Aufstellung des Begriffes der Leberläppchen — Leberinseln — zunächst Veranlassung geboten. Nur so viel muss hervorgehoben werden, dass es niemals gelingt, aus der Leber des Erwachsenen einen dünnen Schnitt anzufertigen, welcher eine umfangreiche Ramification eines grösseren Lebervenen- oder Pfortader-Astes in sich schliesst. Man erhält eben wegen der weiten körperlichen Ausbreitung derselben, neben der letzten Verästlung jener Gefässe, welche zu den durchschnittenen Gefässterritorien in unmittelbarer Beziehung stehen, nur noch einzelne Durchschnitte grösserer Pfortader- oder Lebervenen-Äste mit höchstens einer oder der anderen gabligen Theilung. Ganz anders gestaltet sich das mikroskopische Bild an der Leber des neugeborenen Kindes. Hier fällt zunächst eine geringere Schärfe in der Sonderung der einzelnen Gefässbezirke auf, so dass man bei dem Versuche, ein einzelnes Leberläppchen zu umschreiben, nur relativ selten und dann nur in ziemlich unbestimmter Weise zum Ziele zu gelangen vermag.[1] Je nachdem gerade der Durchschnitt entlang der Verlaufsrichtung eines grösseren Blutgefässstämmchens oder quer zu derselben geführt worden war, spricht sich dies in verschiedener Weise aus.

---

[1] Wenn wir jetzt und im Folgenden von einer Sonderung oder Abgrenzung benachbarter Gefässgebiete sprechen, so soll damit nicht gesagt sein, dass etwa der Blutstrom innerhalb eines solchen Gebietes vollkommen abgeschlossen sei; es soll damit nur ausgedrückt werden, dass ein bestimmter Abschnitt von Leberparenchym von Zweigen der Pfortader gleichwie von Marksteinen umstellt ist und sich so von seiner Umgebung abgrenzen lässt.

Im ersteren Falle kann man z. B. eine Lebervenen-Ramification, deren Stämmchen 0·10—0·18 Mm. Breite besitzt, in ihrer ganzen Entfaltung verfolgen. Man sieht da, wie sich dieses Stämmchen mehrfach gabelig theilt, bis endlich die Endzweigchen nur mehr 0·044 — 0·033 Mm. in der Breite und 0·45—0·22 Mm. in der Länge messen. Nebstdem aber münden ab und zu auch feinste Venenwurzeln direct in grössere Stämmchen ein. Charakteristisch ist dabei, dass die Capillaren sich nur zum kleinsten Theile in den feinsten Venenästchen sammeln. Vielmehr sieht man, dass im ganzen Bereiche einer vorliegenden Ramification auch die grösseren Venenästchen rundum eine grosse Zahl von Capillargefässen in sich aufnehmen. — Ein solches Venengebiet ist nun jederzeit von einzelnen grösseren Pfortaderstämmchen umstellt, wobei es sich häufig genug ereignet, dass auch einer von diesen seiner Ausbreitung entlang in den Durchschnitt fällt. Beide Ramificationen erfolgen dann in entgegengesetzter Richtung, und zwar so, dass sich einzelne Pfortaderzweige in das anstossende Venengebiet einsenken, jedoch nur die Bezirke grösserer Venenstämmchen und auch diese ganz unvollständig umgrenzen, während zwischen den primitiven Wurzeln der Lebervenen das Capillarsystem allerorts in ununterbrochenem Zusammenhange steht.

An anderen Stellen des Präparates, wo die Verlaufsrichtungen der Blutgefässe mehr oder weniger senkrecht von dem Schnitte getroffen worden sind, präsentiren sich in einem Gesichtsfelde häufig mehrere quer oder schief durchschnittene kleine Venenstämmchen, ganz gewöhnlich auch eines oder das andere längs getroffen—vielleicht auch noch gablig getheilt—und zwischen ihnen ohne Unterbrechung durch Pfortaderzweige das Capillarsystem ausgebreitet. Erst eine ganze solche Gruppe feinster Venenstämmchen ist von den Zweigen der Pfortader umstellt. Auch Durchschnitte grösserer Venenstämmchen sind allerorts zu finden, welche ringsum Capillargefässe in sich aufnehmen, sie stehen aber schon mehr vereinzelt und in ihrer Nähe ein oder das andere Ästchen der Pfortader. Man findet also Querdurchschnitte von Gefässen des verschiedensten Durchmessers, welche sich annähernd wie Innenvenen an der ausgewachsenen Leber verhalten; sie können in den äussersten

Grenzen etwa um das 4—5fache an Durchmesser differiren. Das Capillarsystem zeigt indessen nicht entfernt jene typische radiäre Anordnung, wie wir sie an der Leber erwachsener Personen zu sehen gewöhnt sind, sondern es ist zu einem mehr gleichartig rundlichen Maschenwerk geordnet, welches sich zu den kleinsten Venenwurzeln unter sehr spitzen Winkeln sammelt. Auch in der Nähe grösserer Venenstämmchen, welche noch Capillaren aufnehmen, bleiben die Maschen der letzteren mehr oder weniger rundlich.

Es ergibt sich somit bezüglich der Anordnung des Blutgefässsystems zwischen der Leber des neugeborenen Kindes und der des erwachsenen Menschen als charakteristischer Unterschied, dass die Ramificationen der Lebervene sowohl, als der Pfortader beim Kinde noch nicht räumlich so entwickelt sind und sich gegenseitig noch nicht so sehr durchwachsen haben, wie dies an der vollständig ausgebildeten Leber als Regel beobachtet wird. Es gibt zwar auch beim Kinde Gefässterritorien, welche eine gewisse Selbständigkeit zeigen; diese umfassen jedoch nicht nur das Zuflussgebiet einer einzigen Venenwurzel, sondern den ganzen Umfang einer mehr oder weniger entwickelten Endramification der Lebervene und sind daher mit den Leberinseln des ausgewachsenen Organes nicht vergleichbar. Sie entsprechen vielmehr einer ganzen Summe der letzteren und stellen gewissermassen Leberinseln höherer Ordnung dar, aus denen sich erst allmälig einzelne Abschnitte, welche bereits durch eine gewisse Anzahl von Venenstämmchen vorgezeichnet sind, mehr und mehr absondern, indem die Pfortaderzweige zwischen ihnen sich zunehmend entfalten.

Geht man von dem neugeborenen Kinde weiter zurück auf die Verhältnisse, welche das Blutgefässsystem der Leber in der Fötalperiode erkennen lässt, so gestalten sich dieselben immer einfacher. Bei einem menschlichen Embryo von etwa 4 Wochen, an welchem eben die ersten Anlagen der Extremitäten sichtbar waren, zeigte sich an Durchschnitten, welche quer durch die Leibeshöhle gelegt wurden, dass in den hinteren Partien der Leber mehrere unregelmässig geformte, grosse Bluträume gelagert sind, von welchen zum Theile mit Sicherheit zu erkennen war, dass sie mit jenem venösen Gefässe zusammenfliessen,

welches die Fortsetzung des rechten Vorhofes nach rückwärts darstellt. Von diesen mehrfach vorhandenen Bluträumen zweigen sich nun netzartig geordnete, engere Blutwege ab, welche den ganzen vorderen Abschnitt der Lebersubstanz ununterbrochen durchziehen und sich nach Art der Capillaren um die Drüsenelemente ordnen; sie müssen daher ihrem Wesen nach als solche aufgefasst werden. Vergleiche Fig. 8.

Bei der Leber eines Fötus aus der 8. bis 9. Schwangerschaftswoche konnte man innerhalb des das ganze Präparat durchziehenden Capillarsystems stellenweise einzelne grössere mit relativ starken Wänden versehene Blutgefässe erkennen, an denen sich jedoch keine weiteren Anhaltspunkte ergaben, nach welchen man sie als Äste der Pfortader oder der Lebervenen hätte bezeichnen können, was übrigens möglicherweise in der sehr mangelhaften Conservirung des betreffenden Fötus seinen Grund finden dürfte.

An einem Fötus aus der 10. Schwangerschaftswoche zeigten sich die Pfortaderäste von einer beträchtlichen Menge kernreicher Bindesubstanz umgeben und waren dadurch von den äusserst dünnwandigen, unmittelbar von Leberzellen umschlossenen Venenästen leicht zu unterscheiden. Beide zeigten sich stets in verhältnissmässig beträchtlicher Entfernung von einander, jedoch ohne bestimmte Gesetzmässigkeit bezüglich ihrer Gruppirung.

Im dritten und vierten Embryonal-Monate waren allenthalben Lebervenen- und Pfortader-Stämmchen sehr prägnant zu unterscheiden und konnte deutlich eine gewisse alternirende Anordnung derselben erkannt werden, ohne dass sich jedoch ein Anhaltspunkt zur Umgrenzung gewisser Gefässbezirke geboten hätte. Dies ist aber im fünften und sechsten Monate des Embryonallebens der Fall, in welchen sich schon ähnliche Verhältnisse vorfinden, wie wir sie von der Leber des neugeborenen Kindes beschrieben haben, nur mit dem Unterschiede, dass die Verästlungen der Pfortader sowohl, als der Lebervenen noch nicht so weit ausgebildet sind.

Es sei noch erwähnt, dass sich bei embryonalen Lebern häufig eine Schichte von Capillargefässen unmittelbar unter der Leberkapsel vorfindet, in deren engen Maschen sich auf weite

Strecken hin keine Drüsenelemente nachweisen lassen; sie sind theils durchsetzt von Ramificationen der *Arteria hepatica*, theils aber erfüllt mit einer homogen, farblos und durchsichtig erscheinenden Substanz, in welcher ab und zu ein oblonger Kern eingelagert ist. An anderen Stellen jedoch reichen die Leberzellen bis unmittelbar an das Bindegewebe der Leberkapsel heran.

Über die Weite der Blutgefässe haben wir folgende Beobachtungen zu verzeichnen. Nach Allem, was wir gesehen haben, sind die Capillargefässe der Leber in den frühen Embryonalstadien ansehnlich weiter als in den späteren, und zwar sowohl absolut, als namentlich im Verhältniss zu den von ihnen umschlossenen Drüsenbestandtheilen. Noch mehr tritt dies der Leber des reifen Kindes gegenüber hervor. Ferner scheint es auch, dass die der Oberfläche des Organes nächstgelegenen Capillaren weiter sind, als jene, welche die centralen Partien desselben einnehmen.

Ein ziffermässiger Nachweis dieser Umstände kann wegen der mannigfachen, genugsam bekannten Schwierigkeiten, welche vergleichenden Messungen von Gefässdimensionen entgegenstehen, wohl kaum gegeben werden; doch scheint uns die aufmerksame Durchforschung zahlreicher Präparate hinreichende Gewähr für unsere Angaben, in der allgemeinen Form, in welcher sie gehalten sind, zu bieten. Bezüglich der grösseren Äste der Pfortader und der Lebervenen kann kein Zweifel bestehen, dass dieselben beim Embryo und beim Kinde erheblich enger und kürzer sind, als die gleichwerthigen Gefässe der ausgewachsenen Leber. Endlich können wir noch anführen, dass die allmälige Entfaltung des Blutgefässsystemes innerhalb des Fötallebens nicht an allen Stellen der Leber stets vollkommen gleichen Schritt zu halten scheint, und zwar sind es nach unseren Erfahrungen die oberflächlich gelegenen Abschnitte desselben, welche häufig eine unvollkommene Sonderung einzelner Gefässterritorien aufweisen, als wie die centralen Partien. Die weitere Ausbildung der Blutgefässramification nach der Geburt gibt sich vorzüglich kund durch allmälige Zunahme der vorhandenen Blutgefässe an Länge und Weite, sowie durch eine immer reichere Entfaltung ihrer Äste und Zweige. Während die Wurzelgebiete

der einzelnen Lebervenen durch dazwischentretende Pfortaderverzweigungen immer mehr von einander geschieden werden, nimmt auch das Capillarsystem derselben durch Verlängerung seiner Röhrchen und wahrscheinlich wohl auch durch Neubildung von solchen an Ausdehnung zu und gewinnt in Folge der Verlängerung der zugehörigen Venenwurzeln allmälig seine mehr weniger deutliche, radiäre Anordnung. So fanden wir schon bei einem drei Wochen alten Kinde den Charakter des Blutgefässsystemes an manchen Stellen so ziemlich gleichkommend dem der ausgewachsenen Leber, nur waren die Leberinseln sämmtlich entschieden kleiner und je nach der Grösse der Innenvene von bedeutend verschiedenem Durchmesser.

Wir fanden hier Inselchen von 0·495—0·891 Mm. Breite und 0·781—1·100 Mm. Länge bei einem Querdurchmesser der durch schwachen Injectionsdruck gefüllten Innenvene von 0·038 bis 0·066 Mm. Solche deutlich gesonderte Leberinselchen waren jedoch nicht sehr zahlreich; an den meisten Stellen ergab sich eine Gefässanordnung, der ähnlich, welche wir beim neugeborenen Kinde beschrieben haben.

Bei einem 10 Monate alten, noch viel mehr aber bei einem zweijährigen Kinde zeigten sich schon in grosser Zahl deutlich umschriebene Gefässterritorien, von denen die meisten annähernd zu 1 Mm. in der Breite und 1—1·6 Mm. in der Längsrichtung massen und deren Innenvenen einen Querdurchmesser von 0·077—0·096 Mm. zeigten. Immerhin kommen aber in dieser Altersperiode noch zahlreiche Leberinseln höherer Ordnung vor, d. h. Gefässterritorien, welche die Zuflussgebiete von 2—4 und mehr Innenvenen umfassen. Die besondere Beschreibung der anderen von uns untersuchten Wachsthumsstufen des Gefässsystemes können wir füglich unterlassen, da in dem Vorstehenden bereits alle wesentlichen, uns bekannt gewordenen Wachsthumsvorgänge Erwähnung gefunden haben.

Nach diesen Beobachtungen, welche sich bei der Untersuchung dünner Durchschnitte aus erhärteten Lebern ergeben haben, sind wir in den Stand gesetzt, das folgende Bild über die Veränderungen des Blutgefässsystemes während des Wachsthums der Leber zu geben. Während bald nach der ersten Anlage das Capillarsystem der Leber sich allerorts gleich-

mässig und von grösseren Gefässen ununterbrochen ausbreitet und nur durch vereinzelte grössere Bluträume seinen Zu- und Abfluss findet (4. Woche beim menschlichen Embryo), erscheinen bald darauf an vielen Stellen ohne wahrnehmbar regelmässige Anordnung grössere Blutgefässstämmchen (8. bis 9. Woche). Es kann daher die Angabe S. Schenk's[1], dass in einem bestimmten Zeitraume die embryonale Leber einem einzelnen Lobulus der ausgewachsenen Leber vergleichbar sei, in gewissem Sinne auch für den Menschen bestätigt werden. — Eine bestimmte Andeutung der bleibenden Gruppirung des Blutgefässsystems konnten wir mit Sicherheit erst im 3. bis 4. Fötal-Monate erkennen. Von da an gestaltet sich der Wachsthumsprocess desselben so, dass mit der fortschreitenden Verlängerung und Verästlung der beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Gefässbäume, der Lebervenen und der Pfortader, welche stets in einer gewissen Entfernung und in diametraler Richtung gegen einander vorwachsen, zunächst sich Gefässterritorien höherer Ordnung von einander abgrenzen. Diese sind dadurch charakterisirt, dass die Endramification eines Lebervenenastes innerhalb eines gemeinsamen Abschnittes von Lebersubstanz erfolgt, welcher nur entsprechend den grösseren Venenästchen von seiner Peripherie her durch eindringende Pfortaderzweige wie eingekerbt erscheint. Sie stellen also gewissermassen Leberinseln von lappiger Form, mit mehrfach dychotomisch verzweigter Innenvene dar. Durch das allmälige weitere Vordringen der Pfortaderzweige wird jedes dieser lappigen Leberinselchen, während es sich fort und fort vergrössert, endlich in mehrere kleinere zerspalten, welche sich, mehr oder weniger selbständig geworden, im Laufe ihres ferneren Wachsthums gerade so verhalten, wie jene, deren Theil sie ursprünglich gewesen. Indem derselbe Process sich in der ganzen Leber vielfach wiederholt, kommt es zur Bildung jener immensen Anzahl von Leberinselchen, welche wir an der Leber des erwachsenen Menschen finden. Die Bildung neuer Läppchen hört erst dann auf, wenn die Lebervenenwurzeln sich nicht weiter vermehren; die Grösse der einzelnen, bereits fertigen Leberinseln

---

[1] S. Schenk. Lehrbuch der vergleichenden Embryologie. Wien, 1874, pag. 96.

nimmt unterdessen allmälig zu. Es vergrössert sich also die Leber ebensowohl durch Entstehung neuer Leberinseln, als auch durch Volumvermehrung der bereits vorhandenen.

Der geschilderte Vorgang bei der Bildung der Leberinseln erklärt uns ganz gut das auch an Lebern erwachsener Menschen nicht seltene Vorkommen von Zwillingsinseln, d. h. solchen, welche mit einem grösseren oder kleineren Theile ihrer Peripherie mit einander verschmolzen sind und deren Innenvenen vor ihrem Eintritte in eine *Vena sublobularis* sich zu einem gemeinsamen Stämmchen vereinigen. Ihre Bedeutung kann nach dem Vorstehenden nicht mehr im Unklaren sein.

Theile[1] schliesst seine Kritik der Anschauungen Kiernan's, Henle's und Anderer über die Beschaffenheit der Leberläppchen mit folgenden Worten: „Es gibt also in den Lebern verschiedener Thiere Übergänge von der Form, wo die Leberläppchen als ganz einfache, runde Körper erscheinen, zu jener Form, wo mehrere Läppchen mittelst ihrer den Lebervenen zugewendeten Enden unter einander verschmolzen sind.“ Wir haben nach unseren Erfahrungen nur das Bedenken zu äussern, ob wohl alle jene Beobachter völlig ausgewachsene Thiere zur Untersuchung benützt haben. Verhält sich aber dies so und behält der Ausspruch Theile's seine Richtigkeit, so liegt uns jener nicht seltene Fall vor, wo anatomische Zustände, welche bei gewissen Thieren bleibend sind, bei anderen nichts Anderes darstellen, als Entwicklungsformen, welche durch die weitere Ausbildung mehr oder weniger verwischt werden können.

II. Leberzellen.

Wenn man sich aus der frischen Leber eines neugeborenen Kindes oder eines Embryo aus der letzten Schwangerschaftszeit in $^1/_2{}^0/_0$iger Kochsalzlösung Zupfpräparate anfertigt, so findet man bei der mikroskopischen Untersuchung, abgesehen von den farbigen und den gewöhnlichen lymphzellenartigen Blutkörperchen, isolirte Zellen von auffallend verschiedenartiger Form und Beschaffenheit.

---

[1] Theile, in Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, 1844, II. Band, pag. 326.

Polyedrische Leberzellen. Die grössere Anzahl der isolirten Zellen gleicht im Wesentlichen den Parenchymzellen der vollständig ausgewachsenen Leber; sie sind unregelmässig polyedrisch, zeigen zum Theile nach allen Richtungen hin ziemlich gleiche Durchmesser, zum grössten Theile aber sind sie nach einer Richtung etwas in die Länge gezogen; sehr häufig ist eine oder die andere ihrer Begrenzungsflächen concav ausgeschnitten. Ihre Contouren sind scharf und glänzend, der Zellkörper leicht granulirt, öfters mit grösseren oder kleineren eingelagerten Fetttröpfchen versehen. Der Kern ist in den meisten dieser Zellen deutlich erkennbar, gewöhnlich einfach, selten doppelt vorhanden, stets excentrisch gelagert, kreisrund, reichlich granulirt; die Kernkörperchen treten durchgehends scharf hervor. Was diese Zellen sicher von den Leberzellen des erwachsenen Menschen unterscheidet, ist ihre hellere, durchsichtigere Beschaffenheit, das seltene Vorkommen von Pigmentkörnchen, und die fast ausnahmslos bedeutendere Grösse des Kernes. Während wir zufolge zahlreicher, unter gleichen Verhältnissen (frisch in Kochsalzlösung) vorgenommener Messungen den Durchmesser für die Zellkerne ausgewachsener Lebern auf 7·0 bis 9·36 μ, meistens aber auf ungefähr 8 μ angeben müssen, betrug der Durchmesser derselben am neugebornen Kinde 8·58 bis 12·5 μ, zumeist ungefähr 9·6 μ.

Die Form dieser Zellen im isolirten Zustande bietet kaum charakteristische Unterschiede von den Leberzellen des Erwachsenen, da sie ebenso wie an letzteren höchst mannigfaltig sein kann. Nach den Ergebnissen unserer Messungen würde sich im Allgemeinen herausstellen, dass häufig ein etwas stärkeres Überwiegen einer Dimension der Zelle gegenüber den anderen Dimensionen vorkommt, mit anderen Worten, dass die Leberzellen des Kindes zum Theile etwas mehr in die Länge gestreckt sind. Wir können jedoch dieser Beobachtung selbst kein besonderes Gewicht beilegen, eben wegen der grossen Variabilität der Zellformen und dann weil sich aus der relativ winzigen Anzahl der Zellen, die man überhaupt messen kann, kein sicherer Schluss auf die Gesammtheit derselben ziehen lässt, wenn es sich nicht um recht erhebliche Differenzen handelt. Aus eben diesem Grunde wollen wir, ohne weitere Folgerungen daraus zu

ziehen, nur einfach registriren, dass wir nur selten an den Leberzellen erwachsener Personen einen grösseren Längsdurchmesser zu verzeichnen hatten, als wir beim neugebornen Kinde gefunden haben, dass zum grossen Theile die in allen postembryonalen Wachsthumsstufen gefundenen Zahlen sich annähernd decken und dass endlich beim Neugebornen polyedrische Leberzellen sich fanden, doch nur in geringer Menge, welche entschieden kleiner waren, als man sie an der Leber des Erwachsenen findet. Mit der Bemerkung, dass wir Leberzellen, welche erheblichere Mengen von Fett in sich führten, nicht in die Messung einbezogen haben, geben wir nachstehend ein Resumé unserer Messungen am neugebornen Kinde und stellen sie denen am Erwachsenen gegenüber.

	Neugebornes Kind.	Erwachsener.
Längster Durchmesser	32·7—13·9	34·3—15·6 μ
Kürzester „	23·4—10·9	24·2—14·7 μ

Das Verhältniss des längsten Durchmessers zu dem kürzesten Durchmesser der einzelnen Leberzellen schwankte

beim Kinde zwischen 1 : 1 bis 1 : 2·08
„ Erwachsenen zwischen 1 : 1 bis 1 : 1·70.

Es ist uns für keine dieser beiden Altersstufen möglich, mit annähernder Genauigkeit die Verhältnisszahl anzugeben, welche zwischen beiden Durchmessern am häufigsten vorkommen dürfte; die Schwankungen waren zu gross und andererseits schien es uns auch, als ob individuelle Verschiedenheiten innerhalb gewisser Grenzen in Betracht kommen möchten.

Einen ähnlichen Befund, wie beim neugebornen Kinde, hatten wir auch an den Lebern eines 5 und eines 6 Monate alten Embryo, welche wir in ganz frischem Zustande untersuchen konnten. Die Grösse der polyedrischen Leberzellen schwankte hier zwischen 31·2 und 17·2 μ für den längsten und zwischen 23·4 und 14·0 μ für den kürzesten Durchmesser. Auffallend war uns an den polyedrischen Leberzellen aus dieser frühen Embryonalperiode, dass sie nicht jene scharfe Begrenzung zeigen, wie die der ausgetragenen Frucht, und dass sie sehr häufig in mehr oder weniger zerbröckeltem Zustande in den Zupfpräparaten erscheinen.

Die vorstehenden Ergebnisse unserer Messungen stehen in ganz auffallendem Widerspruch mit den Angaben Harting's [1], des einzigen Forschers, von welchem uns hiehergehörige Daten bekannt geworden sind. Die von ihm mitgetheilten Dimensionen der Leberzellen sind folgende:

	Fötus von 4 Monaten.	Neugeborenes Kind.	Erwachsener Mann.
Grosser Durchmesser	6.9—9·7	9—25·5	21·5—34·5 μ
Mittel	7·9	16·9	30·2 μ
Kleiner Durchmesser	5·5—8·3	8·6—17·4	18·9—28·4 μ
Mittel	6·6	12·8	22·2 μ

Da Harting nichts über die näheren Umstände aussagt, unter welchen er die einzelnen Messungen vorgenommen hat, und da sich daher nicht beurtheilen lässt, ob sie auch in der That vergleichbar seien, da er ferner selbst angibt, dass die Zahl seiner diesbezüglichen Beobachtungen nur eine sehr geringe sei, so sind wir wohl gezwungen, denselben einen geringeren Werth beizulegen, als wir es sonst den Angaben eines Forschers gegenüber, dessen mikrometrische Untersuchungen eine so hervorragende Rolle spielen, thun würden. Wir sind umsomehr berechtigt, unsere Massangaben als die den thatsächlichen Verhältnissen entsprechenden hinzustellen, als wir gerade im Hinblick auf die erheblichen Differenzen gegenüber Harting uns veranlasst gefunden haben, an 10 Lebern von neugeborenen oder wenige Tage alten Kindern sehr zahlreiche Messungen von Leberzellen vorzunehmen. Wir betonen noch einmal, dass alle unsere Massangaben an Zupfpräparaten ganz frischer Lebern bei Zusatz einer $^1/_2$percentigen Kochsalzlösung gewonnen worden sind.

Harting kommt ferner zu dem Schlusse, dass zwar während des Intrauterinallebens die Zahl der Leberzellen sich vermehre, nach der Geburt aber die weitere Vergrösserung der Leber einzig und allein durch die Grössenzunahme der Leberzellen erklärt werden könne. Wie ganz unberechtigt auch diese Angaben sind, wird ohne weitere Erörterung klar sein, wenn wir wörtlich

[1] P. Harting. Recherches mikrométriques sur le développement des tissus. Utrecht 1845. pag. 82.

anführen, wie Harting dieselben begründet. Er sagt an dem angezogenen Orte: „Mais pour ce qui regarde la période, qui suit la naissance, il paraît, que le seul accroissement en diamètre des cellules suffit, pour faire parvenir le foie aux dimensions qu'il possède chez l'adulte. Cela est presque prouvé par la considération, que le foie occupe chez l'enfant nouveau né un espace relativ double de ce qu'il est chez l'adulte. Or le rapport entre les longueurs du corps des deux individus était de 1:3·3, mais les cellules chez l'enfant avaient déjà la moitié du diamètre de celles de l'adulte, et par conséquent il s'en faudra bien peu, que le foie relativement plus grand de l'enfant ne contînt déjà un nombre à-peu-près égal au nombre de cellules du foie de l'adulte".

Wenn wir auch recht wohl behaupten können, dass Harting mit den vorstehenden Zeilen das, was er wollte, nicht im Geringsten bewiesen hat, so sind wir andererseits nicht im Stande, aus unseren histologischen Untersuchungen schlagende Belege dafür beizubringen, dass wirklich eine bedeutende Vermehrung der Anzahl der Zellen während des kindlichen Wachsthums erfolge. Allerdings deutet der Umstand darauf hin, dass man in dem ersten Kindesalter häufiger als an Erwachsenen zweikernige Leberzellen findet, eine Beobachtung, welche durch Kölliker[1] an Thieren schon lange gemacht worden ist; doch konnten wir an unseren Objecten nicht so deutlich auf Zelltheilung zu beziehende Bilder erhalten, wie sie durch Kölliker beschrieben worden sind. Erwägt man aber, dass die Leber des Menschen von der Geburt bis zum vollendeten Wachsthum zum mindesten um das Zehnfache an Gewicht und Volumen zunimmt, trotzdem, wie wir oben erwiesen haben, gleichzeitig an mehreren Stellen derselben ein Schwund des Gewebes stattfindet, so kann man die Annahme nicht von sich weisen, dass denn doch eine reichliche Zellen-Neubildung das Wachsthum der Leber begleiten müsse, selbst dann, wenn man zugeben wollte, dass die Leberzellen während dieser Zeit um das Doppelte ihres Volumens zunehmen.

Kugelige Zellformen. Neben den bisher allein in Betracht gezogenen polyedrischen Leberzellen findet man an Zupfpräparaten aus embryonalen Lebern noch eine zweite Art

---

[1] A. Kölliker, Würzburger Verhandlungen 7. Band., pag. 181.

von Zellen, welche wegen ihrer Form und Beschaffenheit gesondert beschrieben werden müssen. Sie kommen vom dritten Embryonalmonate an (aus früherer Zeit haben wir keine Beobachtung an frischem Materiale) bis um die Zeit der Geburt herum ausnahmslos, wenn auch in wechselnder Anzahl vor, und zwar im Ganzen reichlicher in der fötalen Leber, als an der des neugeborenen Kindes. Einmal fanden wir sie übrigens auch ausserordentlich zahlreich bei einem asphyktisch zur Welt gekommenen, reifen, besonders kräftig entwickelten Mädchen. Nach der Geburt vermindert sich ihre Anzahl sehr rasch, und schon in den ersten Wochen des extrauterinen Lebens scheinen sie sich ganz zu verlieren. Diese Zellen sind von rein kugeliger Form, verschiedener Grösse, scharf umgrenzt, sehr feinkörnig und hell; sie enthalten niemals Fetttröpfchen, selbst dann nicht, wenn die polyedrischen Zellen solche in bedeutender Menge in sich schliessen. Ebensowenig kommen Pigmentkörnchen in ihnen vor. Der verhältnissmässig grosse Kern ist meistens deutlich abgegrenzt, jedoch nicht mit einem so glänzenden Contour umgeben, wie bei den polyedrischen Leberzellen, und von ziemlich homogener Beschaffenheit; Kernkörperchen sind fast immer, auch zu zwei und drei in Einem Kerne sichtbar. Der Durchmesser dieser Zellen schwankt zwischen 10·2 und 17·2 μ, der des Kernes zwischen 7·8 und 9·4 μ.

Ausser dieser sehr reichlich vertretenen Zellform beobachteten wir nicht selten solche, welche gewissermassen zwischen den kugeligen und den polyedrischen Zellen in der Mitte standen, indem der im Allgemeinen rundliche Zellcontour an einer oder mehreren Stellen etwas abgeplattet erschien, der Zellkörper durch reichliche Körnchen getrübt, der Kern aber gross opak und blass umrandet war. Von manchen Zellen war es sogar kaum möglich zu entscheiden, ob man sie den gewöhnlichen polyedrischen Leberzellen oder der eben beschriebenen Zellform zuzählen solle. Einige Male zeigte der Kern leichte seitliche Einschnürungen oder an einer Stelle eine bucklige Vorragung. Auch grosse circa 32 μ im Durchmesser haltende Kugeln fanden sich an jüngeren Embryonen vereinzelt vor, welche innerhalb einer schmalen Randzone von feinkörnigem Protoplasma 3 — 4 Kerne von etwa 10 μ im Durchmesser ein-

schlossen, durch welche der grösste Theil der Zelle ausgefüllt war; sowie noch grössere mehr unregelmässig geformte, jedoch scharf contourirte Zellen mit fast homogenem Körper und 5—6 Kernen.

Als wir es versuchten, uns über die Beziehungen dieser Zellen zu dem Lebergewebe klar zu werden, mussten wir uns sofort erinnern, dass schon vor langer Zeit durch Kölliker [1] und durch Fahrner [2] das Vorkommen ganz ähnlicher Zellformen in dem Blute der embryonalen Leber beschrieben und mit der Bildung von farbigen Blutkörperchen in Zusammenhang gebracht worden war. Wenn wir auch von vorneherein keine Veranlassung hatten, eine solche Bedeutung dieser Zellen, namentlich der mehrkernigen Formen in Zweifel zu ziehen, so waren wir doch aus mehreren Gründen bemüssigt nachzuforschen, ob sie wirklich nur Bestandtheile des Blutes seien, oder ob sie auch bei dem Aufbau des Lebergewebes sich betheiligen. Zunächst wurden wir durch die beschriebenen Zwischenformen auf die letztere Möglichkeit aufmerksam gemacht; dann aber hatten wir erfahren, dass die kugelige Zellenart viel reichlicher in Zupfpräparaten der Lebersubstanz als wie in dem Blute der Pfortader und der Lebervenen vertreten sei, und endlich hatten wir an gehärteten Lebern schon gesehen, dass zweierlei Zellen in dem Parenchym derselben enthalten sind (siehe unten Seite 278). Da uns die Untersuchung der zerzupften, frischen Lebersubstanz nach dieser Richtung hin keine sichere Aufklärung brachte, so benützten wir einen menschlichen Embryo aus der 20. Schwangerschaftswoche, welcher ganz frisch in unsere Hände kam, zu folgendem Versuche.

Es wurde an diesem Embryo vorerst die untere Hohlader knapp vor ihrem Eintritt in die Leber und dann die Nabelvene unterbunden. Hierauf wurde eine reine, trockene Glascanüle in die Pfortader gegen die Leber zu und eine zweite von der rechten Vorkammer aus in das oberste Ende der unteren Hohlvene

[1] A. Kölliker. Über die Blutkörperchen eines menschlichen Embryo und die Entwicklung der Blutkörperchen bei Säugethieren. Zeitschrift f. rat. Med. Bd. IV. pag. 112 und: Über die Resorption des Fettes im Darme. Würzburger Verhandl. Band 7. (1857) pag. 187.

[2] J. C. Fahrner. *De globulorum sanguinis in mammalium embryonibus atque adultis origine.* Diss. (unter Kölliker's Anleitung) Turic. 1845.

eingeführt und befestiget. Das aus beiden Canülen ausfliessende Blut wurde nun gesondert aufgefangen und auf seinen Gehalt an den beschriebenen kugeligen Zellformen untersucht. Es zeigte sich, dass dieselben in beiden Blutarten neben den gewöhnlichen farblosen Blutkörperchen vorhanden waren, jedoch nicht in erheblicher Menge, so dass immer mehrere Gesichtsfelder durchsucht werden mussten, bis man einer solchen ansichtig werden konnte. Beide Blutarten zeigten in dieser Hinsicht keinen Unterschied. Ein ähnliches Verhalten bot das Blut der Milzvene dar, während in den aus der *Vena cruralis* und der *Vena umbilicalis* entnommenen Präparaten alle vorgefundenen farblosen Zellen gewöhnlichen Lymphkörperchen glichen. Nachdem dies festgestellt war, wurde mittelst des Hering'schen Apparates eine 0·5 percentige Kochsalzlösung unter einem Drucke von 30 Mm. Hg in die Pfortader eingespritzt, solange bis die Leberoberfläche fast an allen Stellen eine gleichmässig grauweisse Farbe zeigte und die Injectionsflüssigkeit ganz farblos aus der in der *Vena cava* steckenden Canüle abfloss. Dies trat etwa nach drei Viertelstunden ein, nachdem eine Quantität von nahezu 400 Cub. Cent. Kochsalzlösung verbraucht war.

Nun wurden aus verschiedenen Stellen der Leber Zupfpräparate angefertigt und es zeigte sich an denselben allerorts eine grosse Zahl von den fraglichen kugeligen Zellen isolirt, so dass fast in jedem Gesichtsfelde 4 — 6 derselben gezählt werden konnten. Wir waren auch gerade in diesem Falle in der Lage zu constatiren, dass einzelne dieser kugeligen Zellen in unmittelbarem Contact mit polyedrischen Leberzellen zusammenhingen.

Nach den Ergebnissen dieses Versuches glauben wir mit Sicherheit aussprechen zu dürfen, dass die beschriebenen kugeligen Zellenformen wesentliche Bestandtheile des embryonalen Lebergewebes darstellen. Über ihre Bedeutung soll weiter unten das Nähere beigebracht werden.

III. Von der Anordnung der Leberzellen.

Es liegen in der Literatur bereits vereinzelte Andeutungen vor, dass der Bau der Leber in frühen Wachsthumsperioden nicht genau übereinstimme mit dem des vollständig ausgebildeten Organes.

Beale [1] berichtet, dass in den Röhren seines „Zellen enthaltenden Netzwerkes“ (*cell containing network*) bei menschlichen und Rinds-Embryonen zwei bis drei Zellen nebeneinander liegen und dass sie beim Hühnchen sehr zahlreich seien; er bezeichnet dies als charakteristisch für den Fœtalzustand der Leber.

Auch Hering [2] hat dieses Umstandes Erwähnung gethan, indem er von der Leber des neugeborenen Kindes aussagt, dass sie im Gegensatze zu der des erwachsenen Menschen „stellenweise einige Ähnlichkeit mit gewissen Amphibienlebern, z. B. der Froschleber, zeigt, insoferne als auf Schnitten öfters drei oder vier Leberzellen in einer rundlichen Capillarmasche eingeschlossen erscheinen und ihrerseits wieder die enge Lichtung eines Gallenweges umschliessen“.

Gegenüber diesen beiden Forschern schreib indessen Biesiadecki [3] der Leber des Menschen und Eberth [4] in gewissem Sinne auch der Leber der von ihm untersuchten Säugethiere ohne Unterschied des Alters den Charakter einer schlauchartigen Drüse zu.

Unsere Untersuchungen haben uns gelehrt, dass die Parenchymzellen der menschlichen Leber während des Fœtallebens und auch noch durch einige Zeit nach der Geburt in der That wie die Epithelzellen einer schlauchförmigen, netzartig verzweigten Drüse angeordnet sind, dass aber zu einer gewissen Zeit des kindlichen Wachsthums eine völlige Transformation des Lebergewebes sich vollzieht.

Bevor wir jedoch diese Vorgänge im Einzelnen an der Hand von thatsächlichen Beobachtungen verfolgen können, müssen wir von einem Befunde sprechen, welcher sich bei der mikroskopischen Untersuchung von Durchschnitten gehärteter, embryo-

---

[1] L. Beale. On some points in the Anatomy of the Liver. London 1856, pap. 50.

[2] E. Hering. Artikel: Leber, in Stricker's Handbuch der Gewebelehre 1870, pag. 437.

[3] Biesiadecki, Sitzungsb. d. Akademie d. Wiss. math.-naturhist. Classe. Band 55. Abtheilung I. pag. 655. (1867.)

[4] C. J. Eberth, Untersuchungen über die normale und pathologische Leber. Virchow's Archiv 39. Band, pag. 70.

naler Lebern etwa vom 3. Monate aufwärts ganz allgemein ergibt.

Hat man ein mit Carmin oder Hämatoxylin tingirtes Präparat vor sich, so fällt sofort auf, dass in demselben zwei vollkommen verschiedene Arten von Zellkernen vorkommen, welche sich in mehreren Punkten wesentlich von einander unterscheiden. Man findet einerseits bläschenartige, deutlich granulirte, wenig gefärbte Kerne, von welchen kein Zweifel besteht, dass sie innerhalb der Substanz der polyedrischen Leberzellen gelagert sind und diesen angehören. Daneben aber finden sich, theils durch das ganze Präparat zerstreut, theils zu kleinen Gruppen vereinigt, zahlreiche tief roth (oder blau) gefärbte, homogene, kugelige Zellkerne, welche meistens etwa um ein Dritttheil kleiner sind als die vorigen und deren Standort und Zugehörigkeit erst nach längerer Untersuchung festgestellt werden konnte. Soviel ergab sich bald, dass sie den polyedrischen Leberzellen nicht angehören. Die Zellkörper, in welchen diese zweite Art von Kernen eingeschlossen sind, kann man häufig nicht gesondert wahrnehmen; nur lässt sich dann aus einer gewissen, wenn auch kleinen Distanz, in welcher stets diese Kerne von einander abstehen, die Vermuthung schöpfen, dass sie nicht frei liegen, sondern in einer geringen Menge sehr blasser, homogener Zellsubstanz eingeschlossen seien. In sehr vielen Fällen gelingt es denn auch, einen deutlichen, kreisförmigen Zellcontur, welcher einzelne Kerne umschliesst, nachzuweisen. Wir können daher wohl annehmen, dass diese Kerne zumeist einer kleinen kugeligen Zellenform angehören.

Wir müssen übrigens bemerken, dass in dieser Altersperiode auch die bläschenförmigen, granulirten Kerne nicht alle von gleicher Grösse sind, und dass es unter ihnen mitunter solche gibt, deren Durchmesser kaum denjenigen der homogenen Kerne übertrifft, immer aber sind beide Formen durch das Verhalten gegen das Tinctions-Mittel charakterisirt.

Was nun die Lage-Verhältnisse der dunkelgefärbten Zellkerne betrifft, so liessen sich dieselben am besten an Lebern älterer Embryonen erforschen, deren Blutgefässe nach möglichster Entblutung von der Pfortader aus mit Berlinerblau gut eingespritzt waren, einerseits weil sie in der zweiten Hälfte

der Fötalperiode am reichlichsten vorkommen, und dann weil ohne Injection die Beziehungen dieser Kernform zu den einzelnen Bestandtheilen des Leberparenchyms nur sehr schwer sich klar stellen lassen.

Man findet an geeigneten Präparaten einmal den Raum einer rundlichen Capillarmasche ausschliesslich erfüllt mit kleinen, runden, blassen Zellen, welche sämmtlich je einen homogenen, dunkelgefärbten Kern enthalten; die Zellen zeigen dann häufig eine gewisse, fast kreisförmige Anordnung, oder erscheinen zu einem regellosen rundlichen Häufchen zusammengeballt. Ein anderesmal sieht man sie innerhalb einer mehr oblongen Capillarmasche in einer doppelten Reihe mehr oder weniger regelmässig nebeneinandergestellt. Viele derselben sind mehr vereinzelt, entweder an der äusseren Wand eines Capillarröhrchens anhaftend, oder ganz unabhängig von dieser inmitten der polyedrischen Leberzellen in die Wandung eines schlauchförmigen Gallenganges einbezogen, welch letzterer Befund sehr deutlich und über allen Zweifel an Querschnitten der Leberzellenschläuche sichergestellt werden kann. In Fig. 11 sieht man einen solchen Querschnitt, an dem drei kleine, homogene und ein grösserer granulirter Kern in einer und derselben Ebene liegen. Die eben beschriebenen Thatsachen erinnern einigermassen an die inselförmig in der Lebersubstanz eingelagerten und zeitweise pigmentführenden, lymphkörperchenartigen Zellen, welche Eberth[1] für die Amphibienleber beschrieben und als Stroma-Zellen erklärt hat. Es wird sich jedoch später herausstellen, dass die von uns beschriebenen Zellenformen eine ganz andere Bedeutung besitzen.

Wir erinnern hier an die Ergebnisse unserer Untersuchungen an frischen embryonalen Lebern, welche wir oben (Seite 275) mitgetheilt haben. Auch diese haben uns gezeigt, dass zwei wesentlich verschiedene Zellformen, kugelige und polyedrische, aus dem Lebergewebe isolirt werden können. Unsere Erfahrungen am gehärteten Objecte stehen also damit vollständig in Übereinstimmung. Dass die kugeligen Zellen hier und dort die-

[1] C. J. Eberth, Untersuchungen über die Leber der Wirbelthiere. M. Schultze's Archiv, Band 3, pag. 423.

selben seien, kann wohl kaum in Zweifel gezogen werden. Der einzige Einwand, welcher gegen ihre Identität erhoben werden könnte, liegt in der auffallend verschiedenen Grösse ihrer Kerne im frischen und im gehärteten Zustande. Wir haben uns jedoch die Überzeugung verschafft, dass die Kerne der kugeligen Zellen in der That durch längere Einwirkung von Alkohol bedeutend verkleinert werden und jene Eigenschaften erhalten, welche wir an ihnen vorhin beschrieben haben.

Wir wenden uns nun zur Darlegung der mikroskopischen Befunde, welche den verschiedenen Wachsthumsphasen entsprechen.

An der Leber des von uns untersuchten Foetus aus der vierten Schwangerschaftswoche tritt der schlauchförmige Bau auf das Deutlichste hervor, wenngleich in einer Form, welche nur entfernt an die bleibenden Verhältnisse des entwickelten Organes erinnert. An den Durchschnitten, welche wir in ungefähr senkrechter Richtung zur Leibesachse durch den ganzen Embryo geführt hatten, zeigte sich, dass der grössere Antheil der Leber und namentlich ihre vorderen und seitlichen Abschnitte ein Netzwerk von Schläuchen enthält, welches nach allen Seiten hin gleichmässig verästigt, im Allgemeinen rundliche oder oblonge Maschen einschliesst. Die mittleren und hinteren Partien der Leber hingegen sind von längeren, etwas breiteren und spitzwinklig ineinanderfliessenden Röhren eingenommen, welche nach rückwärts zu convergiren und an Durchmesser zunehmen, nach vorne aber mit dem erwähnten rundmaschigen Röhrennetz in unmittelbarem Zusammenhang stehen. (Vergleiche Fig. 8.) Dass wir es wirklich mit Schläuchen, nicht etwa mit soliden Zellensträngen zu thun hatten, liess sich sowohl an Quer-, als auch häufig an Längsschnitten constatiren; die Lichtung war stets mit so scharfem Contour begrenzt, dass man keinen Augenblick daran denken konnte, sie sei etwa nur durch ein artificielles Auseinanderweichen der Zellen vorgetäuscht worden.

An dünneren Schlauchstücken stehen nur 3—4 Zellen um den Querschnitt des Lumens herum, an den dickeren aber mehrere. Eine *Membrana propria* war nicht zu demonstriren.

Ausser diesen von wahren Leberzellen gebildeten Gallengängen finden wir an einzelnen Durchschnitten in der Nähe des verhältnissmässig weiten *Ductus choledochus*, oder *hepaticus* noch einen oder den anderen Durchschnitt eines grösseren Ganges, welcher mit langen cylindrischen Epithelzellen ausgekleidet und von einer aus kernhaltiger Bindesubstanz bestehenden Hülle umgeben ist. Sie gehören offenbar den ersten Verästlungen des *Ductus hepaticus* an. Über ihren directen Zusammenhang mit den Drüsenschläuchen haben wir keine Beobachtung. Wohl aber können wir anführen, dass an einzelnen von den längeren, mehr sagittal gerichteten Schlauchstücken eine allmälige Annäherung ihrer Epithelzellen zur Cylinderform stattfindet, welche um so deutlicher wird, je mehr man sich der Stelle eines grossen Ausführungsganges nähert. — Wir heben noch hervor, dass die die Drüsenschläuche bildenden Zellen sämmtlich einerlei Art, und nach der Beschaffenheit ihrer Kerne zu urtheilen, den polyedrischen Zellen der späteren Wachsthumsperioden an die Seite zu stellen sind.

Sie sind jedoch entschieden kleiner als die letzteren und von mehr rundlicher Form; ihre Contouren treten (an dem gehärteten Präparate) nur selten klar hervor.

Aus dem Mitgetheilten ist ersichtlich, dass wir es in der vierten Woche des Foetallebens mit einem durch Leberzellen gebildeten, verzweigten Gangwerke zu thun haben, welches in dem grössten Theile der Leber ein ununterbrochenes dichtes Netz darstellt, gegen die grossen Gallengänge hin aber sich zu längeren und breiteren Röhren sammelt, mit Hilfe derer wahrscheinlich der Zusammenhang mit den Hauptgängen hergestellt wird.

Wir hatten keine Gelegenheit zu untersuchen, ob sich für noch frühere Entwicklungsstufen der menschlichen Leber die Remak'sche Lehre von den „soliden Lebercylindern“,[1] welcher alle späteren Embryologen beigestimmt haben, bestätiget, beziehentlich in welcher Zeit und in welcher Weise sich die Cylinder in Schläuche umwandeln. Wir würden eine erneute Untersuchung

[1] Remak, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855, pag. 52.

dieses Verhältnisses mit Hilfe der derzeitigen verbesserten Hilfsmittel für sehr wünschenswerth halten.

In der 10. Woche des Fœtallebens hat die Entwicklung des Lebergewebes schon einen sehr erheblichen Fortschritt gewonnen, welcher sich sowohl in der Beschaffenheit der einzelnen Drüsenröhrchen, als auch in der Gesammtanordnung derselben kundgibt. Wir sehen innerhalb der Wandung der netzartigen Drüsenschläuche jene oben erwähnte zweite Art von Zellen auftreten, welche sich durch ihre Kleinheit, ihre kugelige Form, Zartheit des Zellkörpers und ihren kleinen, homogenen, in Carmin tief roth sich färbenden Kern auszeichnen.

Ihre Anzahl ist im Verhältniss zu den wahren Leberzellen ziemlich beträchtlich, jedoch an verschiedenen Stellen der Präparate ausserordentlich wechselnd. Bestimmt kann nur ausgesagt werden, dass sie in der nächsten Umgebung der Pfortaderverzweigungen spärlicher und seltener vorkommen, als in den übrigen Partien des Gewebes. Sie sind theils einzeln zwischen den polyedrischen Zellen eingestreut, oder aber in Gruppen von 4 — 6 nebeneinander stehend in die Wand eines Gallenganges aufgenommen. Eine solche Gruppe ist nicht selten von einer deutlichen, gemeinschaftlichen Hülle umgeben. Ausserdem finden sich sowohl Längsschnitte als auch Querschnitte von Drüsenröhrchen, welche ausschliesslich von dieser kleinen Zellenform gebildet werden, oder auch nur hie und da eine polyedrische Leberzelle enthalten. Nebstdem aber zeigen sich vielfach ganze Abschnitte des Schlauchnetzes, einzig und allein aus polyedrischen Zellen zusammengesetzt, welch' letztere, soweit sich an gehärteten Objecten urtheilen lässt, sich in nichts Wesentlichem — etwa abgesehen von der Grösse — von den Leberzellen eines neugeborenen Kindes unterscheiden. Die Gallencanälchen selbst zeigen sowohl an Quer- als an Längsschnitten meist ein sehr deutliches Lumen und sind häufig an den Theilungsstellen verbreitert.

Rücksichtlich der Anordnung der Gallencanälchen hat ebenfalls eine bedeutende Annäherung an die bleibenden Verhältnisse platzgegriffen, insoferne als die in der näheren Umgebung eines Pfortaderastes gelegenen Leberzellenschläuche sich in Abzugscanälchen ergiessen, welche mit den Verzweigungen

der Pfortader verlaufen und in ihrer Structur den feineren interlobularen Gallengängen der ausgebildeten Leber ähnlich sind. Da jedoch, wie wir oben gesehen haben, in dieser Zeit von eigentlichen Leberinseln noch nicht die Rede sein kann, so ist natürlich auch der Ausdruck „interlobular" nicht verwendbar.

Diese Abzugscanälchen sind von spindelförmigen, ziemlich platten Epithelzellen begrenzt, deren kugelrunde Kerne meist etwas gegen das enge Lumen zu vorragen. An dem oben besprochenen vier Wochen alten Embryo war von derartigen Canälchen im ganzen Bereiche der Leber keine Spur zu entdecken. Das Verhältniss der Leberzellenschläuche zu den Abzugscanälchen ist folgendes: Jene Leberzellenschläuche, welche in der unmittelbaren Umgebung der verhältnissmässig sehr grossen Pfortaderäste gelegen sind, haben fast ausnahmslos einen zu den letzteren senkrechten Verlauf, so dass sie an Querschnitten eines Pfortaderastes in radiärer Richtung, an Längsdurchschnitten aber beiderseits in parallelen Reihen gegen denselben herantreten. Sie münden dann auch fast genau unter rechtem Winkel in die Abzugscanäle ein, indem die polyedrischen Leberzellen sich unmittelbar an die platten Epithelzellen der letzteren anschliessen. (Vergl. Fig. 9.)

In ganz ähnlicher Weise wird durch Hering[1] der Zusammenhang der Gallencapillaren mit den interlobularen Gallengängen bei dem drei Monate alten Kinde dargestellt.

Von der eben geschilderten Zeitepoche an gehen die histologischen Veränderungen des Leberparenchyms ziemlich langsam vor sich, so dass selbst in aufeinanderfolgenden Wachsthumsstufen von mehreren Wochen sich nur geringe Verschiedenheiten zeigen. Die kleinere Zellenform scheint am reichlichsten um den 4.—7. Embryonal-Monat herum vorzukommen; wenigstens fanden wir an Präparaten von mehreren Embryonen dieser Altersperiode stellenweise das ganze Gesichtsfeld wie übersäet mit den für sie charakteristischen tief roth gefärbten Kernen; die grösseren granulirten Kerne in ganz auffallender Minderzahl. Zu dieser Zeit scheint auch die Anzahl der Zellen, welche auf dem Querschnitte eines einzelnen Leberschlauches

---

[1] Hering, l. c. pag. 445. (Vergleiche daselbst Fig. 123.)

dessen Lumen umgeben, grösser zu sein, als dies in früheren oder späteren Zeitabschnitten je der Fall ist: es sind deren gewöhnlich 4 bis 6 und auch mehr. (Vergleiche Fig. 10 und 11.) Im dritten bis vierten Embryonal-Monate konnten wir an einzelnen Individuen bereits das Auftreten von Fetttröpfchen in manchen Leberzellen beobachten; ebenso zeigten sich vom vierten bis fünften Monate angefangen an manchen Embryonen gelbe Pigmentkörnchen, jedoch beschränkt auf die Epithelzellen der Abzugsröhrchen und auf die diesen zunächst gelegenen Leberzellen. Das drüsige Röhrennetz entfaltet sich mehr und mehr, die Zahl der Anastomosen im Verhältniss zu der Länge der einzelnen Röhrchen hat entschieden abgenommen. Ihr Verhältniss zu den Abzugscanälchen ist im Wesentlichen dasselbe geblieben, wie oben beschrieben; nur ist uns aufgefallen, dass man recht häufig die Leberschläuche paarweise nebeneinandergestellt in die Abzugscanälchen einmünden sah. (Vergleiche Fig. 9.)

Gegen das Ende des Fœtallebens hin ist die Anzahl der runden Zellen im Verhältniss zu den polyedrischen auffällig vermindert, jedoch sind sie noch beim völlig reifen neugeborenen Kinde vorhanden, entweder vereinzelt in der Wand der Drüsenschläuche eingelagert, oder aber ab und zu gruppenweise für sich allein von einer Capillarmasche umschlossen. Auf weite Strecken hin kann man jedoch mitunter das ganze Röhrennetz einzig und allein aus polyedrischen Leberzellen zusammengesetzt sehen. (Vergleiche Fig. 12.) Die Lichtung der Drüsencanälchen ist auf Quer- und Längsschnitten häufig deutlich erkennbar, an ersteren von 3 bis 4 Zellen umgeben. Die einzelnen Schlauchstücke erscheinen gegenüber den früheren Perioden verlängert. Die Abzugscanälchen haben sich gleichzeitig mit der weiteren Entwicklung des Pfortaderbaumes reichlich verzweigt; damit im Zusammenhange steht es wohl, dass die oben beschriebene radiäre Anordnung der Drüsenschläuche um die einzelnen Pfortaderäste nun nicht mehr vorhanden ist.

Wenige Tage nach der Geburt des reifen Kindes kann man so ziemlich dieselben Verhältnisse bezüglich der Leberzellen und Gallenwege beobachten, abgesehen davon, dass die runden Zellformen sehr bald vollkommen verschwinden. Untersucht man

hingegen Lebern aus verschiedenen Abschnitten des ersten Lebensalters, so ergeben sich sofort Befunde, welche den beginnenden Übergang des schlauchförmigen Baues der embryonalen Leber zu dem ganz abweichenden des vollständig entwickelten Organes erkennen lassen. Es fällt nämlich auf, dass schon bei Lebern aus den ersten Monaten des Kindesalters ein Theil der Leberzellenschläuche einen entschieden geringeren Querdurchmesser besitzt als die andern.

Sieht man näher zu, so bemerkt man, dass an Längsschnitten derselben nicht so wie früher die einzelnen Zellen zu beiden Seiten des Lumens unmittelbar einander gegenüberliegen; sie sind vielmehr im ganzen Umfange des Rohres mehr alternirend angeordnet. Dem entsprechend kommen auch nicht selten Querschnitte von Röhrchen vor, an denen nur zwei Zellen das Lumen umgeben. Allerdings begegnet man nebenbei einer grossen Anzahl von Schläuchen, welche sich gar nicht von denen des neugebornen Kindes unterscheiden. (Vergleiche Fig. 13.) Dasselbe Verhalten ergibt sich auch während des zweiten Lebensjahres, nur dass die Anzahl der schmäleren Schlauchstücke mehr und mehr zunimmt. (Fig. 14.)

Im 4. und 5. Lebensjahre findet man neben den vorerwähnten Bildern häufig zwischen je zwei der Länge nach durchschnittenen radiärcn Capillaren die Leberzellen in zickzackförmiger Anordnung oder selbst in ganz einfacher Reihe hintereinandergestellt; hiebei muss hervorgehoben werden, dass die Kerne von benachbarten Zellen meistentheils nicht in einer fortlaufenden Reihe und ebensowenig in derselben Tiefenebene erscheinen. Liegt ein Gallengang im Querschnitte vor, so sind häufig nur zwei, mitunter aber auch drei und selbst vier Zellen um das Lumen desselben herumgelagert. (Vergleiche Fig. 15.)

Mit dem fortschreitenden Alter begegnet man immer mehr und mehr den einfachen Zellenreihen, so dass der schlauchförmige Charakter des Lebergewebes nur mehr an einzelnen Stellen hervortritt. Indessen erhalten sich Andeutungen des letzteren noch bis ins 20. Lebensjahr und selbst noch darüber hinaus.

Im Vorstehenden haben wir in Kürze Alles zusammengefasst, was wir an sicheren Thatsachen beobachtet haben und

als solche hinstellen können. Manches Andere, was nicht minder wichtig wäre, z. B. die stufenweisen Veränderungen in den Dimensionen der Leberzellenschläuche, in den Form- und Grössenverhältnissen der einzelnen Leberzellen und dergleichen mehr haben wir zwar auch in den Kreis unserer Untersuchung gezogen; wir konnten aber nicht zu sicheren Resultaten gelangen, weil die Beschaffung eines für solche Verhältnisse vergleichbaren Materiales unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnete. Wir ziehen es daher vor auf diese Momente nicht näher einzugehen.

Indessen gestattet uns schon das, was wir vorgebracht haben, manchen nicht uninteressanten Einblick in die histologischen Vorgänge, welche das Wachsthum der menschlichen Leber begleiten. Zunächst ist dargethan worden, dass dieselbe während der embryonalen Wachsthumsperiode ganz entschieden den Charakter einer schlauchförmigen, netzartig verzweigten Drüse besitzt.

In frühester Zeit steht das drüsige Röhrennetz höchst wahrscheinlich unmittelbar mit den primären Ästen des Ductus hepaticus in Zusammenhang, wie dies oben von dem vierwöchentlichen Embryo beschrieben worden ist. Erst während der allmäligen Ausbildung des Pfortadersystemes erscheinen jene feinen, mit plattenförmigen Epithelzellen bekleideten Abzugscanälchen, die späteren interlobularen Gallengänge, welche das Drüsennetz mit den grossen Ausführungsgängen verbinden.

Wir finden beim Embryo, abgesehen von der allerersten Zeit, beim Aufbau der Drüsenschläuche zweierlei ganz verschieden beschaffene Zellenformen betheiligt, einerseits polyedrische Zellen, ganz ähnlich denen des ausgebildeten Organes, andererseits aber kleine, runde, mit charakteristischen Kernen versehene Zellen in mannigfacher Weise dazwischen gelagert. Da diese letzteren während der embryonalen Entwicklung einen integrirenden Bestandtheil der Leberschläuche darstellen, von einer bestimmten Altersstufe ab (kurze Zeit nach der Geburtsreife) aber vollständig verschwinden, so dürfte wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass sie Jugendformen der bleibenden Leberzellen darstellen. Über ihre Herkunft und über die Art ihrer Vermehrung kann man zwar verschiedene Vermu-

thungen hegen; man könnte darüber streiten, ob sie, sei es durch Theilung, sei es durch endogene Bildung aus den polyedrischen Leberzellen abstammen, ob sie vielleicht ausgewanderte Blutzellen seien, ob sie mit den Wänden der Blutgefässcapillaren oder sogar etwa mit Zellen der Bindesubstanz in genetischer Beziehung stehen. Nach unseren Beobachtungen können wir keine dieser Möglichkeiten zur Genüge erweisen, ebensowenig eine derselben gänzlich verwerfen.

Bald darauf, nachdem durch das Verschwinden dieser jugendlichen Zellformen der Abschluss eines gewissen Entwicklungsstadiums bezeichnet ist, beginnt schon in dem frühesten Kindesalter ein Vorgang sich bemerkbar zu machen, welcher sehr langsam, aber stetig fortschreitend zu einer völligen Umordnung des schlauchartigen Lebergewebes führt.

Zunächst wird dieser Vorgang eingeleitet durch eine Art von Dehnung der Leberzellenschläuche, welche sich dadurch kundgibt, dass die Anzahl der auf dem Querschnitte eines einzelnen Schlauches gelegenen Zellen mit dem zunehmenden Alter abnimmt; oder mit anderen Worten: ein Schlauchstück von bestimmter Länge enthält beim Neugebornen viel mehr Leberzellen als beim 2 bis 3 Jahre alten Kinde. Wir glauben den Ausdruck „Dehnung" mit umsomehr Recht gebrauchen zu dürfen, als wir in den ersten Kindesjahren meistens viel längere und zugleich schmälere Schlauchstücke treffen, als bei dem neugeborenen Kinde und beim Embryo. (Vergleiche hiezu die Abbildungen.)

Da die Grössenzunahme der einzelnen Leberzellen nach der Geburt keineswegs sehr erheblich ist, so lassen sich diese Thatsachen kaum anders erklären, als dadurch, dass die Leberzellen sich gegeneinander verschieben, und zwar in einer Richtung, welche im Allgemeinen mit der Achse des Schlauches parallel läuft. Diese stets in demselben Sinne fortschreitende Veränderung in der gegenseitigen Lagerung der Leberzellen führt endlich dazu, dass die Formation des Schlauches ganz verloren geht, und dass die früher zu einem solchen gehörigen Zellen zunächst in zickzackförmigen und zum Schlusse endlich in geraden Reihen hintereinanderstehen. Diese Umordnung des Lebergewebes geht nicht an allen Stellen gleich-

mässig vor sich, vielmehr kann man häufig innerhalb eines einzigen Gesichtsfeldes mehrere Stadien derselben gleichzeitig beobachten.

Da die Verschiebung der Leberzellen gegeneinander im Allgemeinen und hauptsächlich in derselbeu Richtung erfolgt, welche auch den radiären Capillaren der Leberinseln zukommt, so ist wohl die Vermuthung nahegelegt, dass sie in irgend einem Zusammenhange mit dem Längenwachsthum dieser Capillaren stehen dürfte.

Wir verhehlen uns keineswegs, dass die eben vorgebrachte Darlegung der Wachsthumsvorgänge in der Leber noch manche Lücke enthält. Die am meisten fühlbare ist wohl die, dass wir nicht im Stande sind, anzugeben, wie sich während der einzelnen Wachsthumsphasen die Lumina der Gallenwege im Allgemeinen und ihre Beziehungen zu den einzelnen Zellen gestalten. Eine Aufklärung über diesen Punkt ist erst dann zu erhoffen, wenn es einmal gelingen wird, verlässliche Injectionen der feinsten Gallenwege beim Menschen herzustellen. Da unsere vielfachen, darauf gerichteten Bemühungen vollständig fehlgeschlagen haben, so wissen wir für's erste nicht, ob während des Foetallebens die Gallenwege einzig und allein in der Achse der Zellenschläuche verlaufen, oder ob sie vielleicht, wie es für manche Drüsenformen wahrscheinlich gemacht worden ist, auch hier schon mit mehreren Flächen der Zellen in Berührung stehen. Noch weniger können wir darüber etwas aussagen, ob und wie sich die Beziehungen der Gallenwege zu den Leberzellen in Folge der gegenseitigen Verschiebungen der letzteren etwa verändern. Wir möchten fast vermuthen, dass ähnliche Verhältnisse, wie sie Eberth[1] an verschiedenen Wirbelthierlebern beobachtete, und welche er mit dem Ausdrucke: „Netz der peripheren Gallencapillaren“ bezeichnete, an der wachsenden Leber des Menschen als Übergangsstufen zu der bleibenden Formation vorkommen mögen.

---

[1] C. J. Eberth in Virchow's Arch. l. c. pag. 85 u. f.

IV. Histologische Veränderungen während des Schwundes der Lebersubstanz.

Wir haben auf Seite 248 u. ff des Näheren ausgeführt, dass angewissen Stellen der menschlichen Leber während der Wachsthumsperiode ziemlich constant ein Schwund des Drüsengewebes erfolge. Es erübriget uns noch, in Kürze darzulegen, welche histologischen Veränderungen der Lebersubstanz damit im Zusammenhange stehen. Dieselben sind sehr auffällig und im Wesentlichen an allen diesen Oertlichkeiten übereinstimmend. Am passendsten für die Beobachtung hat sich das laterale Ende des linken Leberlappens gezeigt, und zwar in jenen Fällen, wo die Lebersubstanz gegen den häutigen Anhang zu nicht in einer scharfen Linie begrenzt ist, sondern sich allmälig in diesen hinein verliert.

Die zunächst auffallenden Abweichungen von dem gewöhnlichen Bau des Lebergewebes betreffen die Form- und Grössenverhältnisse der Leberinselchen. Alle an den genannten Stellen befindlichen Leberinselchen, sei es, dass sie vereinzelt liegen oder zu circumscripten Häufchen vereinigt oder in den äussersten Ausläufern des Lebergewebes enthalten sind, erscheinen kleiner als jene, welche aus derselben Leber an beliebigen anderen Stellen untersucht werden; und zwar verkleinern sie sich in dem Masse, je weiter sie in den häutigen Anhang hinein vorgeschoben sind. Die kleinsten dieser Läppchen sind sogar nur auf wenige Zellen reducirt. Sie sind durchgehends abgeplattet und erscheinen von der Fläche her gesehen so in die Länge gezogen, dass ihr kürzester Durchmesser selten mehr als die Hälfte, manchmal auch nur ein Dritttheil des grössten beträgt. Die Anordnung der Blutgefässe ist ihrem Wesen nach nicht verändert.

Zerzupft man solche Läppchen möglichst frisch in Kochsalzlösung, so zeigen auch die in ihnen enthaltenen Zellen eigenthümliche und ganz constante Abweichungen von der Norm, welche um so schärfer hervortreten, wenn man gleichzeitig unter denselben Bedingungen Stückchen aus anderen Theilen derselben Leber untersucht. Die Zellen sind durchschnittlich

Parenchym verborgenen Äste, welche sich nur eine kleine Strecke weit in den häutigen Anhang hineinziehen. Ein Pfortaderzweig, welcher sich in letzterem Sinne verhält, ist in Fig. 16 dargestellt. Man sieht aus demselben noch einzelne Zweigchen in das Capillarsystem rudimentärer Leberläppchen übergehen, während seine äussersten Ramificationen frei im Bindegewebe verlaufen.

Die grösseren Pfortaderstämmchen des häutigen Anhanges geben zunächst in rascher Folge kurze, dendritisch sich verzweigende Ästchen ab (Fig. 17), zerspalten sich dann mehrmals gabelig, schicken sich verhältnissmässig starke Anastomosen zu und zerfallen schliesslich in eine Art weiter Übergangsröhren, welche gewissermassen die Stelle von Capillaren vertreten, und an gelungenen Injections-Präparaten durch den ganzen häutigen Anhang ein sehr dichtes unregelmässiges Maschenwerk zeigen; diese letzteren Gefässe sind es auch, welche mit den Blutgefässen des *Ligamentum triangulare sinistrum* in Zusammenhang stehen. Aus ihnen gehen Venen hervor, welche bald zu grösseren Stämmchen zusammentreten, ziemlich reichliche Anastomosen eingehen und endlich in das Leberparenchym eintreten. Ab und zu sieht man ein kleines Venenstämmchen über den häutigen Anhang hinausziehen, in das *Ligamentum triangulare sinistrum* eintreten und mit einer Zwerchfellsvene anastomosiren.

Es besitzt also der häutige Anhang ein sehr dichtes Blutgefässnetz, welches zweifellos aus den Gefässen der Leber entstammt, jedoch die typische Anordnung und insbesondere die Capillarausbreitung zugleich mit dem ihm ehemals zugehörigen Parenchym verloren hat. Der Kreislauf hat sich indessen in ihm erhalten.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Linker Leberlappen von oben her gesehen. 3 Wochen altes Kind. Typisches Verhalten des *Ligamentum triangulare sinistrum (a)* zur convexen Oberfläche der Leber, mit dem sichelförmigen Ausläufer *(b)* gegen das aufwärts geschlagene Zwerchfell *(c)* auslaufend. *d* vorderer, *e* hinterer freier Rand der Leber, *f* linker Rand derselben.

Fig. 2 Abschnitt des linken Leberlappens von der unteren Fläche her gesehen. 3 Monate altes Kind. *a* vorderer, *b* hinterer stumpfer Leberrand, *c Ligam. triang. sinistr.* Bei *d* geht der linke Leberrand in eine dünne, häutige Spitze aus, welche mit dem *ligam. triang sinistr.* verschmilzt.

Fig. 3. Abschnitt des linken Leberlappens von der unterer Fläche her gesehen. 4 Jahre altes Kind. *a* vorderer, *b* hinterer Rand der Leber, *c Ligam. triang. sinistr. d* häutiger Anhang mit einem zungenförmigen Ausläufer von Lebersubstanz, welche sich in einzelnen Streifen verliert; nebenbei einzelne kleine isolirte Inseln von Lebersubstanz. Der Schwund der letzteren hat sich längs des vorderen und hinteren Randes der Leber bereits eine Strecke weit verbreitet, wesshalb diese beiden Ränder theilweise häutig erscheinen. Pfortader unvollständig mit Berlinerblau injicirt.

Fig. 4. Abschnitt des linken Leberlappens von der unteren Fläche her gesehen. 22 Jahre alter Soldat (Selbstmörder). (Der äusserste Theil des häutigen Anhanges ist weggeschnitten worden.) *a* vorderer, *b* hinterer Leberrand, *c Ligam. triang. sinistr.* Der linke Leberrand läuft in einen breiten häutigen Anhang aus, welcher mit reichlichen Blutgefässramificationen und mehrfachen Zungenförmigen Ausläufern und isolirten Inseln von Lebersubstanz versehen ist. Bei *d* sieht man ein Büschel von Lymphgefässen durch den häutigen Anhang verlaufen, welche sich bei der Injection der Pfortader gleichzeitig gefüllt hatten. Die mit Berlinerblau erfüllten Gänge sind *Vasa aberrantia* der Gallengänge, die grösseren derselben mit Gallengangdrüsen besetzt.

Fig. 5. Leber eines 2 Jahre alten Kindes von links und oben her gesehen. *a* vorderer, *b* hinterer Leberrand, *c Ligam. triang. sinistr.* in seinem typischen Verhalten. *d Ligam. suspensor.* Entlang der Ansatzstelle des letzteren an der convexen Leberfläche erstreckt sich zwischen seine beiden Blätter hinein eine kammartige Fortsetzung von Lebersubstanz *(e)*, an welcher deutlich zwei ver-

schieden gefärbte Zonen zu unterscheiden sind; die hellere Farbennuance der oberen Zone ist in der ausserordentlichen Dünnheit der eingelagerten Lebersubstanz begründet. — Linkerseits knapp neben dem Ansatz des *Ligam. suspens.* verläuft eine Furche *(f)* von vorne nach hinten.

Fig. 6. Zeigt dasselbe Verhältniss an dem frontalen Durchschnitt einer Leber an einem 4 Wochen alten Kinde. *a* convexe Fläche des linken, *b* des rechten Leberlappens, *c* *Ligam. suspensor.*, *d* kammartige Erhebung der Lebersubstanz zwischen die Blätter des *Ligam. suspensor.*, *e* Furche neben demselben. In Alkohol gehärtetes Präparat.

Fig. 7. Äusserstes Ende des linken Leberlappens mit häutigem Anhange, von der unteren Fläche her gesehen. 20 Jahre alter Mann. Die Gallengänge sind mit feiner Harzmasse injicirt, das Präparat an der Luft getroknet und dann mit Terpentinöl aufgehellt. *a* vorderer, *b* hinterer Leberrand, *c* *Ligam. triangul. sinistr.* Im häutigen Anhange *d* sieht man die Verästlung der *Vasa aberrantia.* Die zahlreichen rothen Punkte entsprechen Inseln von Lebersubstanz. (Mit Hilfe einer Lupe in dreifacher Vergrösserung gezeichnet.)

Tafel II.

Alle folgenden Abbildungen sind mit Hilfe eines Hartnack'schen Mikroskopes bei eingeschobenem Tubus gezeichnet. Die Fig. 8 mit Object 4 und Ocular 2, die folgenden mit Immersions-Syst. Nr. 10, Ocular 2 und endlich Fig. 16 und 17 mit Object 2, Ocular 2.

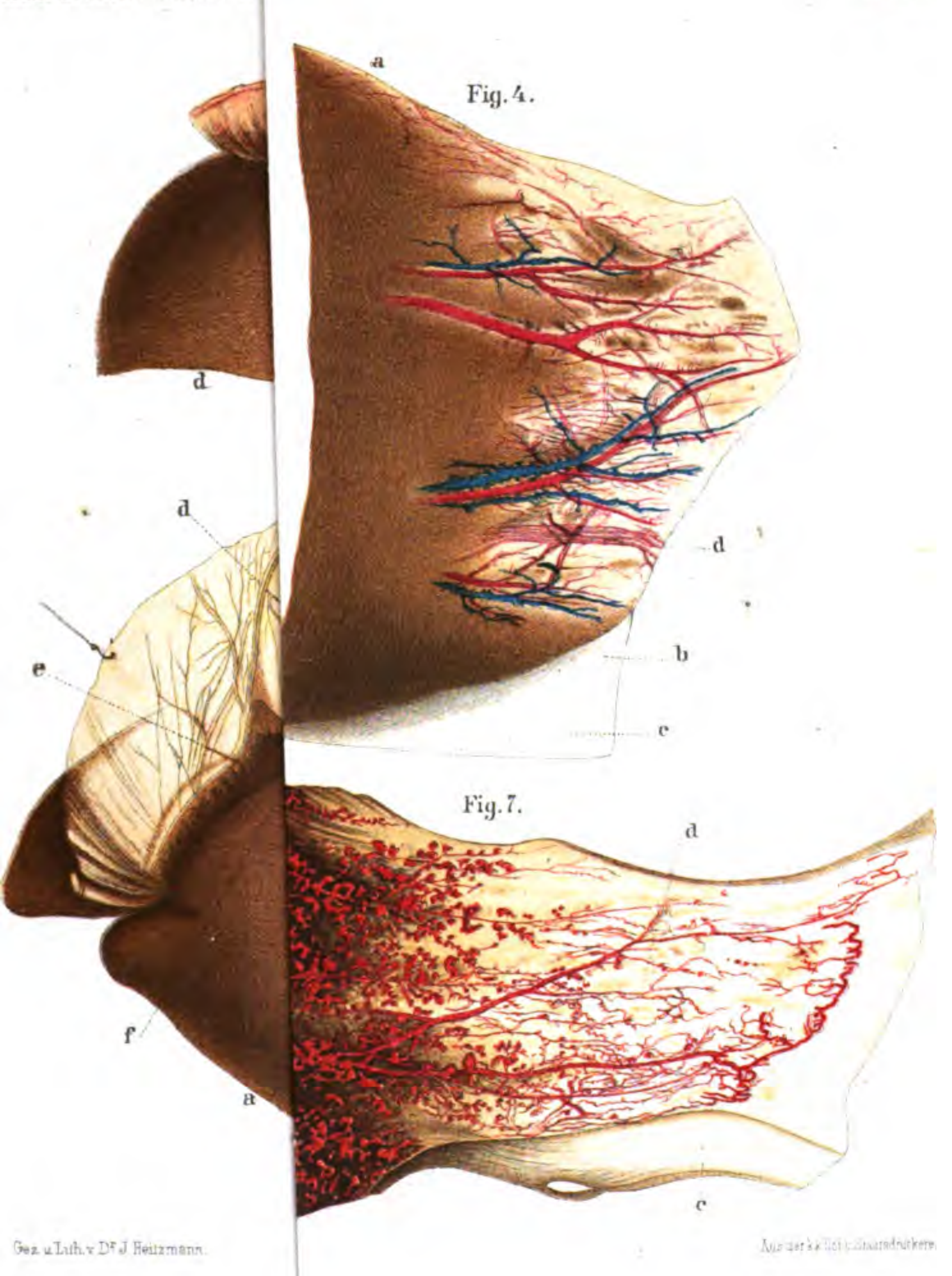
Fig. 8. Horizontal-Durchschnitte durch den Leib eines 4 Wochen alten menschlichen Fötus. *a* Wolff'sche Körper, *b* Darm; Alles vor dem letzteren Gelegene ist Durchschnitt der Leber, auf welchem man die netzartige Anordnung der Leberzellenschläuche erkennt. Die hellen Zwischenräume zwischen denselben sind Blutbahnen, *c* grosse Bluträume, *d* grosser Gallengang.

Fig. 9. Aus der Leber eines 4½ Monate alten menschlichen Embryo, *a* Längsschnitt eines grösseren Pfortaderastes, *b* denselben umgebendes Bindegewebe, *c* ein ableitendes Gallenrohr mit plattem Epithel, *dd* Einmündung von Leberzellenschläuchen in dasselbe. (Glycerinpräparat.)

Fig. 10. Isolirter Leberzellenschlauch aus der Leber eines 5 Monate alten menschlichen Embryo. Man sieht in demselben zweierlei Arten von Zellen und theilweise das Lumen. (Glycerinpräparat.)

Fig. 11. Durchschnitt aus der Leber eines 6 Monate alten Fötus, *a* Querdurchschnitte von Leberzellenschläuchen. (Lakpräparat.) Vergl. pag. 284.

Fig. 12. Aus der Leber eines neugeborenen Kindes. (Lakpräparat.) Vergl. pag. 284.

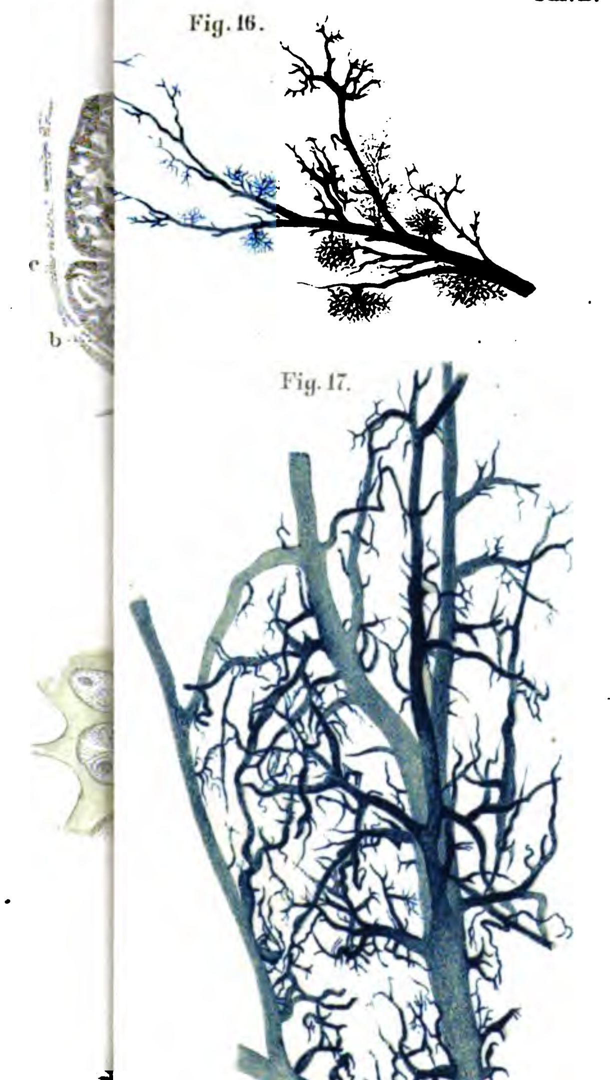


Gez. u. Lith. v. Dr. J. Heitzmann.



Toldt u. [illegible]

Taf. II.



Aus der k.k. Hof- u. Staatsdruckerei

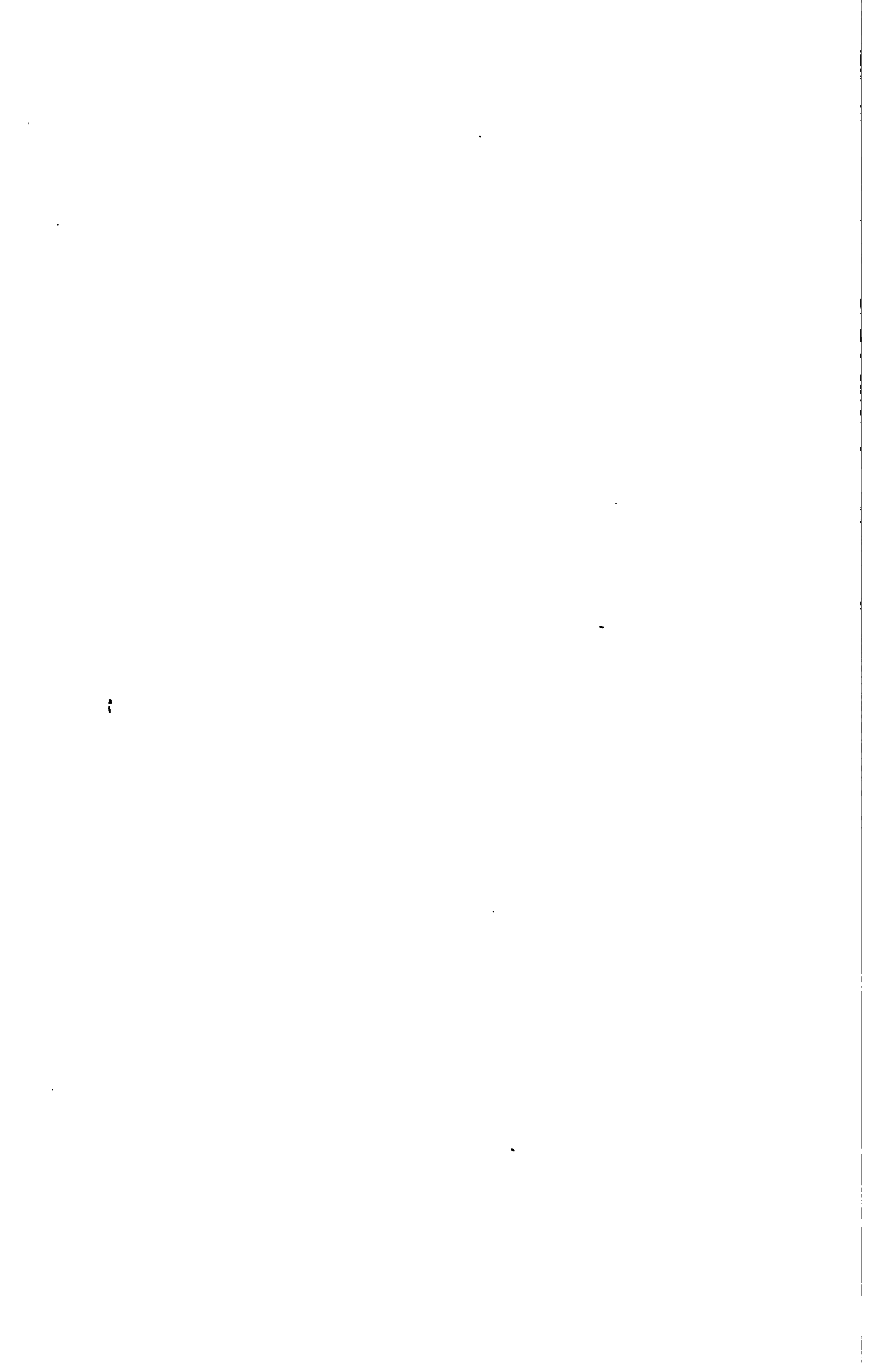


Fig. 13. Aus der Leber eines 7 Monate alten Kindes. (Lakpräparat.) Vergl. pag. 285.

Fig. 14. Aus der Leber eines 2 Jahre alten Kindes. (Lakpräparat.) Vergl. pag. 285.

Fig. 15. Aus der Leber eines 4 Jahre alten Kindes. (Lakpräparat.) Vergl. pag. 285.

Die Präparate, welchen Fig. 8 und 9 entnommen sind, stammen aus in Chromsäure gehärteten, die folgenden aus in Alkohol gehärteten Lebern.

Fig. 16. Ein Pfortaderzweig aus der Basis des häutigen Anhanges; einzelne seiner Ramificationen sieht man in das Capillarsystem rudimentärer Leberläppchen übergehen. (Von der Leber eines 21jährigen Mannes.)

Fig. 17. Grössere Stämme der Pfortader mit ihren Verästlungen aus der Mitte des häutigen Anhanges (aus demselben Präparate wie Fig. 16). Man sieht namentlich die Anastomosen der grösseren Äste. Vergl. pag. 292.

NB. Alle Abbildungen sind, ohne im Geringsten zu schematisiren, genau nach vorliegenden Präparaten gezeichnet worden.

XXIV. SITZUNG VOM 18. NOVEMBER 1875.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt mit Note vom 11. November die von der n.-ö. Statthalterei eingesendeten graphischen Darstellungen der im Winter 1874/75 auf dem Donaustrome und dem Marchflusse stattgefundenen Eisverhältnisse.

Rector und Senat der Franz-Josephs-Universität zu Agram übersenden die zur Erinnerung an die Gründung dieser Hochschule erschienene Festschrift nebst der aus diesem Anlass geprägten Medaille.

Der Präsident der Naturforscher-Gesellschaft zu Moskau, Herr Alexander Fischer von Waldheim, dankt mit Schreiben vom 8. November/27. October für die ihm seitens der Akademie aus Anlass seines 50jährigen Doctor-Jubiläums telegraphisch zugesendeten Glückwünsche.

Herr Dr. Leo Liebermann, Privatdocent und suppl. Professor der med. Chemie in Innsbruck, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über das Chlorophyll der Blumenfarbstoffe und deren Beziehungen zum Blutfarbstoff."

Herr Prof. Dr. E. Jäger Ritter von Jaxthal legt eine Abhandlung vor: „Ergebnisse der Untersuchung mit dem Augenspiegel unter besonderer Rücksicht auf ihren Werth für die allgemeine Pathologie".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Budapest, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1874/75. 8°.

Canestrini, Giovanni, Le ossa di Francesco Petrarca. Padova, 1874; kl. Folio.

Central-Anstalt, k. ungar., für Meteorologie und Erdmagnetismus: Jahrbuch, von Guido Schenzl. III. Band. Jahrgang 1873. Budapest, 1875; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nrs. 15—17. Paris, 1875; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVIII (neuer Folge VIII), Nr. 10. Wien, 1875; 8°.

- österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 20—21. Wien, 1875; 4°.
- Deutsche chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 15—16. Berlin, 1875; 8°.
- Deutsche Geologische: Zeitschrift. XXVII. Band, 2. Heft. Berlin, 1875; 8°.
- Schweizerische Naturforschende: Verhandlungen. 57. Jahresversammlung. Jahresbericht 1873—74. Chur, 1875; 8°.
- naturforschende, in Bern: Mittheilungen aus dem Jahre 1874. Nr. 828—873. Bern, 1875; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 43—46. Wien, 1875; 4°.

Gründungsfeier, Zur 100jährigen, des Hauses Gerold, Buchdruckerei u. Buchhandlung. Wien, 9. October 1875. 4°.

Haeckel, Ernst, Die Gastrula und die Eifurchung der Thiere. 8°.

Institut National Genevois: Bulletin. Tome XIX. Genève, 1875; 8°.

- Royal Grand-Ducal de Luxembourg: Publications. Section des Sciences naturelles. Tome XV. Luxembourg, 1875; 8°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVII, Parte III. Venezia, 1875; 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin, V. Band. Jahrgang 1873, Heft 3. Berlin, 1875; 8°.

Landbote, Der steierische. 8. Jahrgang, Nr. 22—23. Graz, 1875; 4°.

Lotos. XXV. Jahrg. September 1875. Prag; 8°.

Moniteur scientifique du D[teur] Quesneville. 407[e] Livraison. Paris, 1875; 4°.

Nature, Nrs. 312—313, Vol. XII; Nrs. 314—315, Vol. XIII. London, 1875; 4°.

Plantamour, E., & A. Hirsch, Détermination télégraphique de la différence de longitude entre la station astronomique du Simplon et les observatoires de Milan et de Neuchatel. Genève, Bâle, Lyon, 1875; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1875, Nr. 13. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXV. Band, Jahrg. 1875. October-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ Ve Année, 2e Série, Nrs. 17—20. Paris, 1875; 4°.

Silber- und Bleibergbau, Der, zu Přibram (Böhmen). Zur Feier der im Adalbert-Schacht erreichten Saigerteufe von 1000 Mtr. Wien, 1875; Folio.

Sociedad Mexicana de historia natural: La Naturaleza. Tomo III, Entrega Nr. 6—15. Mexico, 1874—1875; 4°. — Informe rendido por el primer secretario en la junta general del dia 28 de Enero de 1875. Mexico, 1875; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. V°. Vol., Fasc. 2do. Firenze, 1875; 8°.

— Adriatica di Scienze naturali in Trieste: Bollettino. 1875, Nr. 5. Trieste; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1875. Disp. 7^a—9^a. Palermo; 4°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XXII, 1875. Comptes rendus des séances. 1. Paris; 8°.

— Géologique de France: Bulletin. 3e Série, Tome III. 1875, Nr. 7. Paris; 8°.

— des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 28e Année, 2e Cahier. Paris, 1875; 8°.

— des Sciences naturelles de Neuchatel: Bulletin. Tome X, 2^d Cahier. Neuchatel, 1875; 8°.

— Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1875, Nr. 1. Moscou; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Ser. 2. Vol. XII. December, 1874. Supplementary Number; Vol. XIII, February—April 1875. London; 8°.

Wiedersheim, Robert, *Salamandrina perspicillata* und *Geotriton fuscus*. Genua, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang. Nr. 46. Wien, 1875; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXVII. Jahrgang, 15. Heft. Wien, 1875; 4°.

XXV. SITZUNG VOM 25. NOVEMBER 1875.

Das k. k. technische und administrative Militär-Comité übermittelt mit Note vom 23. November ein Exemplar des Rescriptes des k. k. Reichskriegsministeriums vom 31. October, mit dem verfügt wird, dass meteorologische und hydrometrische Erscheinungen auch durch Organe des k. k. Heeres beobachtet werden, nebst einer die Vornahme dieser Beobachtungen regelnden Anleitung, welche den Truppenkörpern und Heeresanstalten hinausgegeben wurde.

Herr Prof. Dr. Pfaundler übersendet zwei Untersuchungen aus dem physikalischen Laboratorium der Universität Innsbruck, und zwar: *a)* „Über die Bestimmung des Schmelzpunktes des sechsfach gewässerten Chlorcalciums und die Existenz eines bis jetzt unbekannten krystallisirten Hydrates mit vier Molecülen Wasser", von Herrn Herm. Hammerle. *b)* „Bestimmung des Schmelzpunktes, der Wärmecapacität und latenten Schmelzwärme des unterschwefligsauren Natrons", von Herrn Anton Ritter von Trentinaglia.

Herr Prof. A. Winckler überreicht eine Abhandlung: „Über angenäherte Bestimmungen".

Herr Prof. Karl Exner überreicht eine Abhandlung: „Über Interferenzstreifen, welche durch zwei getrübte Flächen erzeugt werden."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. I° Semestre 1874. Vol. V. Vicenza; 8°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Tomo VIII & IX. Anno VIII & IX (1854—56); Roma, 1874; 4°; Anno XXVIII, Sess. 5ª. Roma, 1875; 4°.

Accademia Fisio-Medico-Statistica di Milano. Atti. Anno XXXI. Milano, 1875; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte. Philos.-philog. und histor. Classe. 1875. Bd. II. Heft 1; mathem.-physikal. Classe. 1875. Heft 2. München; 8°.

American Chemist. Vol. VI. Nr. 3. New-York, 1875; 4°.

Antoine, Charles, De quelques propriétés mécaniques de différentes vapeurs. Brest, 1875; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 30—33. Wien, 1875; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVIII. Theil, 1. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2057—2063 (Bd. 86. 17—23.) Kiel, 1875; 4°.

Breslau, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1874/75. 4° & 8°.

Bureau de la recherche géologique de la Suède: Carte Géologique de la Suède. 50—53 livraisons accompagnées de renseignements. — Gumaelius Otto, Om mellersta Sveriges Glaciala Bildningar. Stockholm, 1874; 8°. — Hummel, David, Om Rullstensbildningar. Stockholm, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nrs. 18—19. Paris, 1875; 4°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XV. Band. Geschichte der Botanik, von Julius Sachs. München, 1875; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 22. Wien, 1875; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang. Nr. 47. Wien, 1875; 4°.

Jahresberichte: Siehe Programme.

Lotos. XXV. Jahrgang. October 1875. Prag; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 21. Band, 1875. XI. Heft. Gotha; 4°.

Mittheilungen, Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1875, Heft 3. Wien; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. VI. Band, 3. Heft. & VIII. Band, 1. Heft. Wien, 1874; 4°.

Nature. Nr. 316, Vol. XIII. London, 1875; 4°.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Bistritz, Brixen, Brünn, Czernowitz, Eger, Fiume, Hermannstadt, Kronstadt, B.-Leipa, Leoben, Marburg, Mitterburg, Roveredo, Presburg, Saaz, Schässburg, Smichow, Trient, des akademischen Gymnasiums, des Gymnasiums der k. k. Theresianischen Akademie und zu den Schotten in Wien und des Gymnasiums zu Zara; dann der Gewerbeschule zu Bistritz, der Oberrealschulen zu Leutschau, Prag und Wiener Neustadt, der Realschule in der Leopoldstadt in Wien und der k. k. technischen Hochschule in Wien. 4° & 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1875, Nr. 14. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österreichischer: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXV. Band. Jahrgang 1875, November-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ Ve Année, 2e Série, Nr. 21. Paris, 1875; 4°.

Società Toscana di Scienze Naturali: Atti. Vol. I. Fasc. 1 & 2. Pisa, 1875; gr. 8°.

Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève: Mémoires. Tome XXIV, 1re Partie. Genève, Paris, Bale 1874—1875; 4°.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XIXe Année, Nrs. 3—4. Constantinople, 1875; 4°.

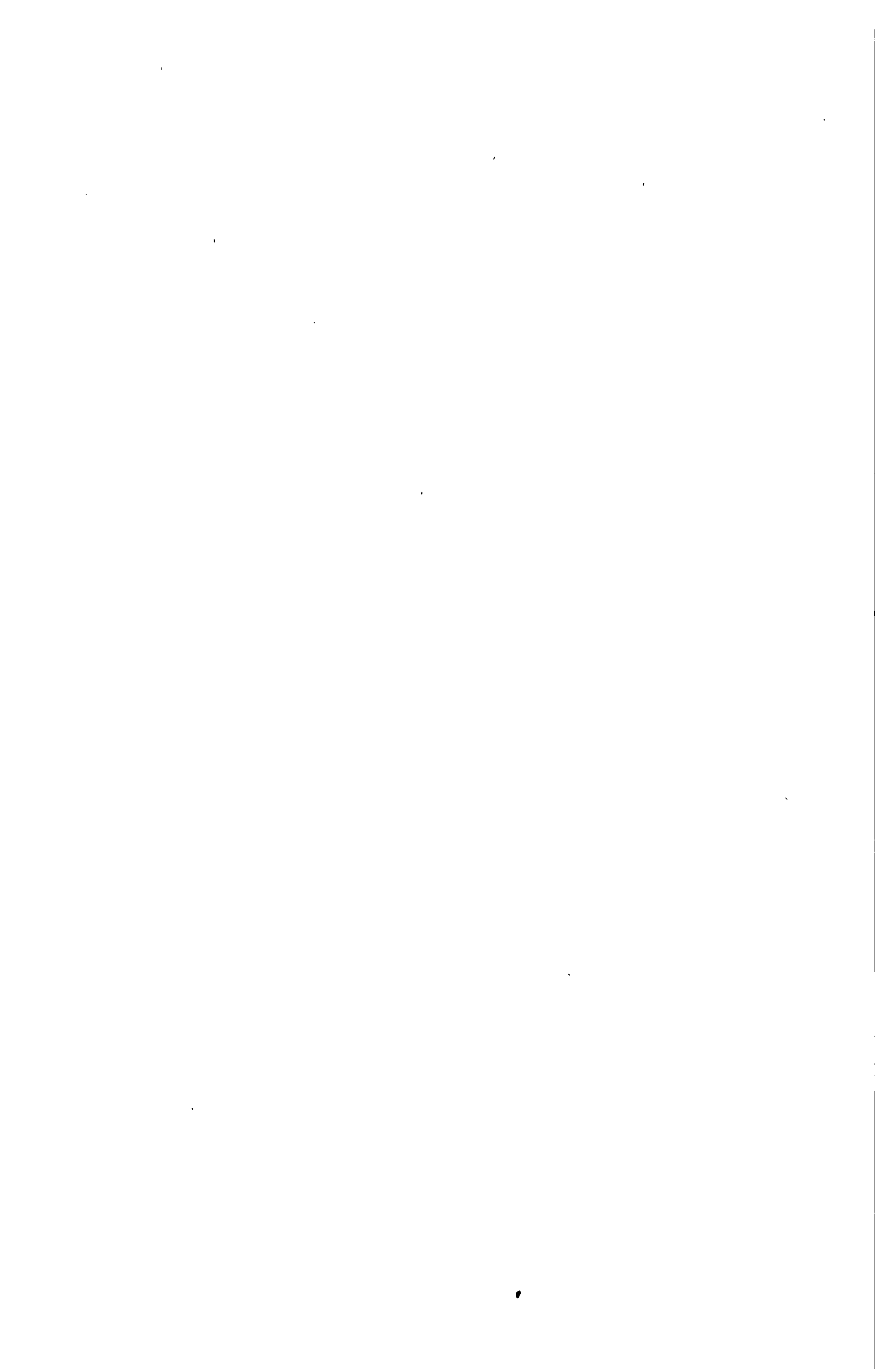
— Mathématique de France: Bulletin. Tome III, Nrs. 5—6. Paris, 1875; 8°.

— Géologique de Belgique: Annales. Tome Ier. 1874. Berlin, Liége, Paris, 1874—1875; 8°.

Society, The Zoological, of London: Transactions. Vol. IX. Parts 1—3. London, 1875; 4⁰. — Proceedings 1874. Part IV; 1875, Part I. London; 8⁰.

Verein, Naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg: Verhandlungen. Neue Folge. I. Band. 2. Heft. Heidelberg, 1875; 8⁰.

Wiener Medizinische Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 47 Wien, 1875; 4⁰.



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

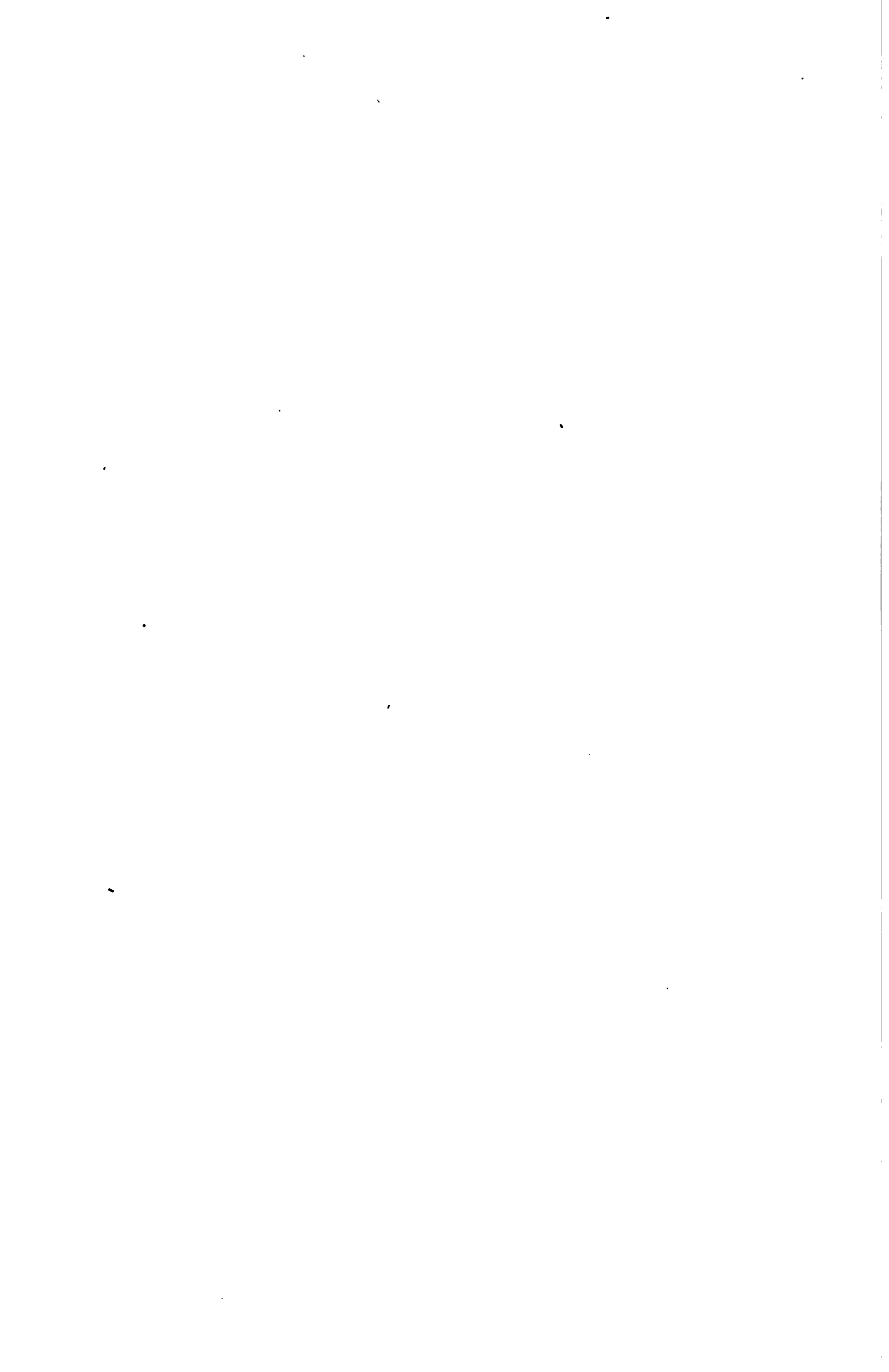
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXXII. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

10.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XXVI. SITZUNG VOM 9. DECEMBER 1875.

Das w. M. Herr Prof. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele. I. Mittheilung. Über Fechner's psychophysisches Gesetz."

Das w. M. Herr Prof. A. Rollett in Graz übersendet die dritte Abtheilung seiner Abhandlung: „Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate."

Das w. M. Herr Dr. A. Boué übersendet folgende Notiz: „Versuch einer Erklärung der gegen die Temperaturzunahme mit der Tiefe in der Erde in letzteren Zeiten erhobenen Einwendungen, namentlich der niedrigen Temperatur in tiefsten Oceanen und in einigen Bohrlöchern."

Das c. M. Herr Prof. Dr. Pfaundler in Innsbruck übersendet eine Abhandlung: „Über das Wachsen und Abnehmen der Krystalle in ihrer eigenen Lösung und in der Lösung isomorpher Salze."

Herr Dr. Karl Beckerhinn, k. k. Artillerie-Hauptmann und Professor der Chemie an der k. k. technischen Militär-Akademie übersendet eine Abhandlung: „Zur Kenntniss des Nitroglycerins und der wichtigsten Präparate desselben."

Herr Joseph Goriupp in Graz übersendet eine Notiz über die Winkel-Dreitheilung.

Das c. M. Herr Prof. Emil Weyr legt eine Abhandlung vor: „Über die Abbildung einer rationalen Raumcurve vierter Ordnung auf einem Kegelschnitt."

Herr Carl Güntner, Professor an der Wiedner Communal-Oberrealschule legt eine Abhandlung vor: „Über die Benützung der Sonnenwärme zu Heizeffecten durch einen neuen Planspiegel-Reflector."

Herr Dr. Hanns Chiari, erster Assistent am path.-anatom-. Institute zu Wien, legt eine Mittheilung vor, betitelt: „Über den Befund einer dem hämorrhagischen Infarcte anderer Organe analogen Erkrankung im Knochen".

Herr Dr. E. Fleischl legt die erste Abhandlung aus einer Untersuchung über die Gesetze der Nervenerregung vor.

Herr Regierungsrath Dr. A. Pokorny legt eine Abhandlung „Über phyllometrische Werthe als Mittel zur Charakteristik der Pflanzenblätter" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg: Mémoires. VIIe Série. Tome XXI, Nrs. 6—12; Tome XXII, Nrs. 1—3. St. Pétersbourg, 1874—75; 4°. — Bulletin. Tome XIX, Nrs. 4—5; Tome XX, Nrs. 1—2. St.-Pétersbourg, 1874; 4°. — Bericht über die sechzehnte Zuerkennung des Preises Uvarov. St. Petersburg, 1874; 8°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVIII, Sess. 6^a. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften zu Krakau: Rocznik. Rok 1874. W Krakowie, 1875; 8°. — Pamiętnik. Wydziały: Filologiczny i historyczno-filozoficzny. Tom II. W Krakowie, 1875; 4°. — Bibliografia Polska. XV.—XVI. stólecia. Kraków, 1875; 8°. — Rozprawy. Wydziału historijczno-filozoficznego. Tom III; Rozprawy. Wydzialu. filologicznego. W Krakowie, 1875; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 34. Wien, 1875; 8°.

Ateneo Veneto: Atti. Serie II. Vol. XII. Punt. 1^a. Venezia, 1875; 8°.

Beobachtungen, Schweizer., meteorologische. XII. Jahrgang. 1875. 1., 3. & 4. Lieferung. Zürich; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXXI, Nrs. 20—21. Paris, 1875; 4°.

Gesellschaft, k. k., der Ärzte: Medizinische Jahrbücher. Redigirt von S. Stricker. Jahrgang 1875. 1. & 4. Heft. Wien; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 48—49. Wien, 1875; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I, Serie V^a, Disp. 8^a—9^a. Venezia, 1874—75; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band XII, 5.—9. Heft. Leipzig, 1875; 8°.

Kokscharow, Nikolai von, Materialien zur Mineralogie Russlands. VI. Band (Schluss); VII. Band, Seite 1—176. Atlas. Tafel 83—87. St. Petersburg, 1875; 8° & 4°.

Lesehalle, Akademische, an der k. k. Universität zn Wien: IV. Jahresbericht. 1874. Wien; 8°.

Magazijn voor Landbouw en Kruidkunde. III. Reeks. III. Deel, 9 Aflevering. Utrecht, 1875; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1875, 10. & 11. Heft. Wien ; 8°.

Moniteur scientifique du D^{teur} Quesneville. 408e Livraison. Paris, 1875; 4°.

Nature. Nrs. 317—318, Vol. XIII. London, 1875; 4°.

„Revue politique et littéraire“, et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. Ve Année, 2e Série, Nrs. 22—23. Paris, 1875; 4°.

Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte. XXXI. Jahrgang. 1.—3. Heft. Stuttgart, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 48—49. Wien, 1875; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins XXVII. Jahrgang, 16. Heft. Wien, 1875; 4°.

Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele.

I. Mittheilung.

Über Fechner's psychophysisches Gesetz.

Von dem w. M. **Ewald Hering,**
Prof. der Physiologie in Prag.

§. 1. Vorbemerkungen.

Es drängt mich, diese Mittheilungen mit der Bemerkung zu beginnen, dass, wenn ich im Folgenden das Richtige getroffen haben sollte, ich dies hauptsächlich dem Umstande verdanken würde, dass ich das Glück hatte, E. H. Weber's und Fechner's Schüler zu sein. Indem ich die beiden Hauptsätze, in welchen einerseits Weber's classische Untersuchungen über Sinnesfunctionen, anderseits Fechner's bahnbrechende psychophysische Untersuchungen gipfeln, einer Prüfung unterziehe, und dabei zu dem Ergebnisse komme, dass der eine Satz nicht hinreichend erwiesen, der andere aber thatsächlich falsch ist, indem ich endlich ein neues Grundgesetz für die Beziehung zwischen Physischem und Psychischem aufstelle, schreite ich nur auf der Bahn weiter, die von jenen beiden Forschern eröffnet und schon geebnet wurde. Insbesondere bin ich mir bewusst, die Grundidee, auf welcher Fechner's ganze Weltanschauung sich gründet, und welche aus allen seinen Arbeiten über psychophysische Fragen hervorklingt, wohl erfasst zu haben, und wage auf die Gefahr einer vielleicht verdienten satirischen Abweisung seitens meines verehrten Lehrers die Bemerkung, dass meine Auffassung des functionellen Zusammenhanges zwischen Leib und Seele mit der Philosophie Fechner's in besserem Einklange steht, als sein eigenes psychophysisches Gesetz.

Wenn ich das von Fechner sogenannte Weber'sche Gesetz für falsch erkläre, so meine ich dies nicht etwa nur in dem Sinne, wie Helmholtz und Aubert, welche dasselbe ebenfalls, wenn auch nur für die Lichtempfindung, nicht zutreffend fanden. Helmholtz beabsichtigte nur eine Correctur der Fechner'schen Formel, deren principielle Giltigkeit er nicht bestritt, und zwar nur zum Zwecke ihrer besonderen Anwendung auf die Lichtempfindung. Aubert bestätigte durch ausführliche Untersuchungen die Richtigkeit der Einwendungen von Helmholtz und ging insofern weiter, als er unter Hinweis auf das noch nicht genügend bekannte Gesetz der Adaptation der Netzhaut vorerst die Aufstellung einer Formel für die Abhängigkeit der subjectiven Helligkeit von der objectiven überhaupt für verfrüht erklärte. Einen principiellen Einwand aber gegen das Weber'sche und das psychophysische Grundgesetz hat auch er nicht erhoben. Gerade dies aber beabsichtige ich im Folgenden zu thun.

Das reiche, mit einem seltenen Aufwande von Scharfsinn und Ausdauer beigebrachte Versuchsmaterial, welches Fechner's Werk über Psychophysik enthält, die Fülle seiner geistvollen und fruchtbaren Bemerkungen und seine Entwicklung der psychophysischen Massmethoden: dies Alles behält seinen Werth auch ohne die Giltigkeit des von ihm aufgestellten Grundgesetzes, und wird Fechner für alle Zeit den Ruhm sichern, der Erste gewesen zu sein, welcher die Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele zum Range einer exacten experimentellen Wissenschaft erhoben hat.

Während ich mich in dieser ersten Mittheilung auf die Kritik des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes beschränke, will ich in der zweiten die Begründung eines von mir schon früher kurz mitgetheilten Gesetzes der Beziehung zwischen Leib und Seele geben. Eine ausgedehnte Anwendung von diesem Gesetze habe ich bereits in meinen Abhandlungen über eine neue Theorie des Lichtsinnes gemacht; Anwendungen auf andere Sinnesgebiete sollen folgen.

§. 2. E. H. Weber's Versuche.

Den ersten Anstoss zu Fechner's psychophysischen Untersuchungen gaben E. H. Weber's Arbeiten über den Gewichts-

sinn und das Augenmass, besonders aber der Umstand, dass Weber zwischen den Ergebnissen seiner Versuche und einer längst bekannten Thatsache der Akustik eine auffallende Analogie zu finden glaubte. Obwohl nun diese Analogie mehr eine zufällige als im Wesen der Sache begründete ist, wurde sie doch der Ausgangspunkt unserer heutigen Psychophysik und insbesondere ihrer Irrthümer. Dies bestimmt mich, die wesentlichsten der hier gehörigen Bemerkungen Weber's wörtlich wiederzugeben. Derselbe sagt in seiner berühmten Abhandlung über Tastsinn und Gemeingefühl unter Anderem Folgendes: [1]

„Die kleinste Verschiedenheit zweier Gewichte, die wir noch mittelst des Gefühles der Anstrengung unserer Muskeln unterscheiden können, scheint nach meinen Versuchen die zu sein, wenn die beiden Gewichte sich ungefähr verhalten wie 39 zu 40, d. h. wenn das eine ungefähr $^1/_{40}$ schwerer ist, als das andere. Mittelst des Gefühles vom Drucke, den die beiden Gewichte auf unsere Haut ausüben, können wir nur noch einen Gewichtsunterschied entdecken, der $^1/_{30}$ beträgt, so dass sich also die Gewichte verhalten wie 29 : 30.

„Wenn man eine Linie nach der andern ansieht, so kann Jemand, der ein sehr ausgezeichnetes Augenmass besitzt, nach meinen Versuchen noch einen Unterschied entdecken zwischen zwei Linien, deren Längen sich ungefähr wie 50:51, oder sogar wie 100:101 verhalten. Menschen, welche ein weniger feines Augenmass haben, unterscheiden Linien, die um $^1/_{25}$ ihrer Länge von einander verschieden sind. Die kleinste Verschiedenheit der Höhe zweier Töne (die nahe Unisono sind), welche ein Künstler noch wahrnimmt, wenn er einen Ton nach dem andern hört, ist nach Delezenne $^1/_4$ Komma $(\frac{81}{80})$ $^1/_4$. Ein Liebhaber der Musik unterscheidet nach ihm nur etwa $^1/_2$ Komma $(\frac{81}{80})$ $^1/_2$. Werden die Töne gleichzeitig gehört, so kann man so geringe Tonunterschiede nach Delezenne's Versuchen nicht wahrnehmen. $^1/_4$ Komma ist nahe das Verhältniss von 321 : 322, $^1/_2$ Komma aber ist nahe das Verhältniss von 160:161.

„Ich habe gezeigt, dass der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe ist, mag man Unzen oder Lothe nehmen, denn

[1] R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. Band, II. Abth. Seite 559.

es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, die das Übergewicht bilden, sondern darauf, ob das Übergewicht den dreissigsten oder den fünfzigsten Theil des Gewichtes ausmacht, welches mit einem zweiten Gewichte verglichen wird. Ebenso verhält es sich bei der Vergleichung der Länge von zwei Linien und der Höhe zweier Töne. Es macht keinen Unterschied, ob man Linien vergleicht, die ungefähr zwei Zoll oder die ein Zoll lang sind, wenn man erst die eine und dann die andere betrachtet und nicht beide zugleich neben einander sehen kann, und doch ist das Stück, um welches die eine Linie die andere überragt, im ersteren Falle noch einmal so gross als im letzteren. Freilich, wenn beide Linien nahe neben einander und einander parallel sind, so vergleicht man nur die Enden der Linien und untersucht, um wie viel die eine Linie die andere überragt, und hierbei kommt es dann nur darauf an, wie gross das überragende Stück der Linie ist, und wie nahe beide Linien einander liegen.

„Auch bei der Vergleichung der Höhe zweier Töne kommt nichts darauf an, ob beide Töne um 7 Tonstufen höher sind oder tiefer, wenn sie nur nicht an dem Ende der Tonreihe liegen, wo dann die genaue Unterscheidung kleiner Tonunterschiede schwieriger wird. Es kommt daher auch hier nicht auf die Zahl der Schwingungen an, die der eine Ton mehr hat als der andere, sondern auf das Verhältniss der Zahl der Schwingungen beider Töne, die wir vergleichen. . . . . .

„Die Auffassung der Verhältnisse ganzer Grössen, ohne dass man die Grössen durch einen kleineren Massstab ausgemessen und den absoluten Unterschied beider kennen gelernt hat, ist eine äusserst interessante psychologische Erscheinung. In der Musik fassen wir die Tonverhältnisse auf, ohne die Schwingungszahlen zu kennen, in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Grössen, ohne sie nach Zollen bestimmt zu haben, und ebenso fassen wir die Empfindungsgrössen oder Kraftgrössen so auf bei der Vergleichung der Gewichte.“

Der letzte Satz insbesondere bildet den Kern der ganzen Auseinandersetzung. Er ist ein geistreiches, aber sehr gewagtes und streng genommen unzulässiges Aperçu, denn er zwingt ganz heterogene Thatsachen in eine Schablone.

Dass gleichwohl die Bemerkung Weber's etwas Fesselndes und Bestechendes hat, ist begründet in dem, jedem Denkenden mehr oder weniger klar bewussten Umstande, dass es, wie in der ganzen Welt überhaupt, so auch in der Welt des psychischen Geschehens immer nur auf Verhältnisse ankommen kann, weil es ein absolutes Mass der Dinge nicht gibt.

Der Fehler Weber's liegt darin, dass er in einem und demselben Satze den Ausdruck „Verhältnisse auffassen" in ganz verschiedenem Sinne gebraucht.

Soll ein concretes Verhältniss, z. B. das zweier Raumgrössen richtig durch die Sinne aufgefasst werden, so ist nöthig, dass die Grössen der, den einzelnen Gliedern, des Verhältnisses entsprechenden Empfindungen oder Vorstellungen unter sich dasselbe Verhältniss haben, wie diese Glieder, d. h. hier die Raumgrössen selbst. Die Gestalt eines Dreiecks, dessen Seiten sich wie 2 : 3 : 4 verhalten, kann nicht richtig wahrgenommen werden, wenn nicht auch in unserer Empfindung oder Vorstellung sich die Seiten verhalten wie 2 : 3 : 4. Dieses Verhältniss kommt uns freilich nicht in Zahlen ausgedrückt zum Bewusstsein, aber insofern durch dasselbe die individuelle Gestalt des gegebenen Dreiecks bestimmt ist und wir dieselbe richtig wahrnehmen, fassen wir so zu sagen das Verhältniss selbst auf, nicht als ein Zahlengebilde, sondern als ein Raumgebilde.

Die drei Seiten des Dreiecks können aber in unserer Empfindung oder Vorstellung nur dann dasselbe Verhältniss unter einander haben, wie die Seiten des wirklichen Dreiecks, wenn die Grösse der räumlichen Empfindungen oder Vorstellungen proportional mit der Grösse der Dinge selbst wächst und abnimmt. Dies ist denn auch innerhalb der natürlichen Grenzen wirklich der Fall; ceteris paribus wächst mit der Grösse der Dinge proportional die Grösse des Netzhautbildes und mit dieser wieder proportional die Grösse der Empfindung oder Vorstellung. Nur so wird es uns möglich, die räumlichen Verhältnisse der Aussenwelt richtig aufzufassen und uns überhaupt in derselben zurecht zu finden.

Wenn also Weber sagt, dass wir in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Grössen auffassen, so ist dies ganz richtig, und es gilt nicht weniger da, wo es sich um die Auffassung

eines Dreiecks oder überhaupt irgendwelcher, wenn auch noch so einfachen Form handelt.

In einem ganz andern Sinne „fassen wir in der Musik die Tonverhältnisse auf". Der eigentliche Gegenstand der Auffassung sind hierbei die Intervalle, d. h. Beziehungen unserer Ton-Empfindungen untereinander, gleichsam die Lageverhältnisse dieser Empfindungen in der Tonreihe. Aber die Verhältnisse der „objectiven Töne", d. h. der Schwingungszahlen fassen wir nicht auf; die Schwingungszahlen sind überhaupt nicht Gegenstand unserer Wahrnehmung, und desshalb können es auch nicht ihre Verhältnisse sein. Gleichen Intervallen oder Strecken in der Reihe der Ton-Empfindungen oder gleichen Höhenunterschieden derselben entsprechen ja auch in Wirklichkeit sehr verschieden grosse Differenzen der Schwingungszahlen, also verschieden grosse Strecken in der Zahlenreihe, während (unter sonst gleichen Umständen) zwei unter sich gleichen Strecken oder Grössen der räumlichen Empfindungen oder Vorstellungen auch zwei unter sich gleiche objective Raumgrössen entsprechen.

Die Raumgrössen und ihre Verhältnisse sind also Gegenstand unserer Wahrnehmung, die Schwingungszahlen und ihre Verhältnisse aber nicht; den Raumverhältnissen der Dinge entsprechen die Raumverhältnisse unserer Empfindungen oder Vorstellungen, den Verhältnissen der Schwingungszahlen aber entsprechen nicht die Höhenverhältnisse der Töne. Desshalb lässt sich zwischen der Auffassung von Raumverhältnissen und der von Tonverhältnissen keine Parallele ziehen, wie dies Weber thut, vielmehr handelt es sich hier um zwei ganz verschiedene Dinge.

Von einer Auffassung der Verhältnisse der Schwingungszahlen mittelst des Gehöres könnte man überhaupt nur in sehr übertragenem Sinne sprechen. So könnte man auch sagen, wir fassten beim Riechen die chemische Zusammensetzung oder das chemische Mischungsverhältniss der Riechstoffe auf. Beidenfalls aber dürfte man nicht vergessen, dass wir nur unsere Empfindungen auffassen und dass den Ton-Empfindungen als solchen ebenso wenig Schwingungszahlen zukommen, wie den Geruchs-Empfindungen eine chemische Zusammensetzung; während den

Gesichts-Empfindungen allerdings eine räumliche Ausdehnung zukommt, wie den wirklichen Dingen. [1]

Wenn man ein Raumverhältniss, wie z. B. die individuelle Gestalt eines Dreiecks, dessen Seiten sich wie 2 : 3 : 4 verhalten, richtig wahrgenommen hat, so ist damit, wie schon oben angedeutet wurde, noch nicht gesagt, dass man nun auch anzugeben vermöge, dass die längste Seite dieses Dreiecks gerade doppelt so lang ist als die kürzeste, die dritte Seite aber um die Hälfte länger als die kürzeste, und um ein Viertel kürzer als die längste.

So leicht es uns ferner ist, jede Veränderung im Verhältnisse der drei Seiten des Dreiecks als eine Veränderung seiner Gestalt wahrzunehmen, so schwer ist es uns, anzugeben, wie sich dabei das Verhältniss der Zahlen geändert hat, durch welches sich die relativen Längen der Seiten ausdrücken lassen.

Wer aber desshalb meinen sollte, dass man ein Raumverhältniss, welches man nicht in Zahlen auszudrücken wisse, auch gar nicht genau aufgefasst haben könne, den verweise ich auf die Zeichner, welche eine gegebene Figur sogar nach einem Erinnerungsbilde in ihren richtigen Verhältnissen wiederzugeben vermögen, ohne sich deshalb der entsprechenden Zahlenverhältnisse irgend bewusst zu sein.

Um das Längenverhältniss zweier gesehener Linien angenähert durch Zahlen bezeichnen zu können, müssen wir uns entweder die kürzere ein- oder mehrmal auf der längeren abgetragen denken und eventuell das überragende Stück wieder mit der kürzeren Linie in ähnlicher Weise vergleichen, oder wir müssen jede Linie nach Linien, Zollen oder sonst einer uns geläufigen Maasseinheit schätzen, womit uns dann mittelbar auch das Verhältniss in Zahlen gegeben ist. Doch wird der letztere Weg nur selten von uns eingeschlagen. —

Diese Erwägungen waren nöthig, um nun auch zu verstehen, in wieweit von einer „Auffassung der Gewichtsverhältnisse“ gesprochen werden kann.

Es kommt nicht vor, dass uns eine ganze Anzahl verschieden „intensiver“ Gewichts-Empfindungen gleichzeitig derart ins

---

[1] Von der Idealität des Raumes darf ich hier absehen.

Bewusstsein tritt, dass sich aus denselben ein Gesammtgebilde aufbaut, dessen Eigenthümlichkeit durch das Grössenverhältniss der Einzelempfindungen bestimmt wäre, wie dies bei den Raumgebilden der Fall ist, die sich aus einzelnen „extensiven“ Empfindungen zusammengesetzt denken lassen und von uns gleichsam summarisch als eine bestimmte Gestalt wahrgenommen werden. Vielmehr handelt es sich fast immer nur darum, dass wir ein Gewicht nach dem andern wahrnehmen, und dies gilt eigentlich selbst dann, wenn wir mit jeder Hand gleichzeitig ein Gewicht heben, weil unsere Aufmerksamkeit sich dann abwechselnd der einen und der andern Hand zuwendet.

Es gibt also für unsere Wahrnehmung keine aus verschiedenen gleichzeitigen Gewichts-Empfindungen zusammengesetzten Gewichtsgebilde in dem Sinne, wie es Raumgebilde gibt, und es kann daher auch von einer unmittelbaren Auffassung der Gewichtsverhältnisse nicht in demselben Sinne die Rede sein, wie von der Auffassung der Raumverhältnisse. Bei letzteren handelt es sich meist um eine simultane Auffassung der einzelnen Glieder des Verhältnisses, bei ersteren fast immer um eine successive; man vergleicht zwei nach einander empfundene Gewichte mit einander, wie man auch zwei nach einander gesehene Linien vergleichen kann, sei es, dass sie wirklich nur nach einander sichtbar, oder doch so gelegen sind, dass man das Auge abwechselnd auf die eine und die andere richten muss.

Sollten wir nun das Verhältniss zweier Gewichte richtig auffassen können, so wäre dazu ebenso wie bei den Raumgrössen unbedingt erforderlich, dass die Grössen oder Intensitäten der Gewichts-Empfindungen dasselbe Verhältniss hätten, wie die Gewichte selbst, anders gesagt, dass die Intensität der Gewichts-Empfindung mit der Grösse der Gewichte proportional wüchse.

Wenn man Einen, der im Werfen sehr geübt ist, eine Anzahl Kugeln von gleicher Grösse, aber sehr verschiedenem Gewichte nach einem Ziele werfen lässt, so wird er letzteres ebensowohl mit den leichteren, als mit den schwereren Kugeln treffen. Vor jedem Wurfe wägt er die Kugel mit der Hand ab und bemisst darnach die Grösse des willkürlichen Kraftaufwandes. Wie schwer aber die Kugel nach Grammen oder Lothen ist, weiss der

Werfende in der Regel nicht zu sagen. Da er aber gleichwohl jede einzelne Kugel mit der ihrem Gewichte entsprechenden Kraft wirft, so folgt, dass er ihr Gewicht richtig aufgefasst hat; er hat, wie man zu sagen pflegt, das Gewicht im Gefühl gehabt.

Dies Vermögen, Gewichte oder Widerstände ihrer Grösse nach richtig aufzufassen, besitzt Jeder in mehr oder minder entwickeltem Grade. Es geht dies eben daraus hervor, dass Jeder seinen willkürlichen Kraftaufwand nach den Gewichts- oder Widerstands-Empfindungen bemisst und ihn so der Grösse der Gewichte oder der zu überwindenden Widerstände anpasst. Dazu ist gar nicht nöthig, dass man die Grösse der Gewichte auch nach Grammen oder einer anderen Einheit anzugeben vermag.

Aus alledem scheint jedoch noch nicht zu folgen, dass die Intensität der Gewichts-Empfindung mit dem wirklichen Gewichte proportional wächst. Man könnte sich nämlich denken, dass jede bestimmte Gewichtsgrösse zwar eine ganz bestimmte Empfindungs-Intensität bedinge, dass aber doch die Intensität der Empfindungen viel langsamer wachse als die Grösse der Gewichte. Entspricht doch auch jeder bestimmten Schwingungszahl eine bestimmte Tonhöhe, obwohl die Tonhöhe nur logarithmisch mit der Schwingungszahl wächst. Wenn also nur einem bestimmten Intensitätsgrade der Gewichts-Empfindung immer dieselbe wirkliche Gewichtsgrösse entspräche, und wir ferner aus Erfahrung wüssten, welches Mass willkürlichen Kraftaufwandes jedes bestimmte Gewicht erfordert, so würden sich, wie es scheint, die oben angeführten Thatsachen auch erklären lassen. Selbstverständlich aber wäre es dann nicht möglich, das Verhältniss zweier Gewichte richtig aufzufassen; denn dazu wäre die Proportionalität zwischen Gewicht und Gewichts-Empfindung unerlässlich.

Ob also Weber's Bemerkung, dass wir das Verhältniss zweier Gewichte aufzufassen vermögen, richtig ist oder nicht, mag vorerst ganz dahin gestellt bleiben. Dass wir ein solches Verhältniss ohne besonders darauf gerichtete Übung nicht in Zahlen ausdrücken können, ist Thatsache. Lässt man Jemand nach einander zwei verschiedene Gewichte heben, so weiss er meist nur anzugeben, ob das eine wenig, viel oder sehr viel schwerer ist, als das andere. Dies ist immerhin die, wenn auch höchst unbe-

stimmte Auffassung eines Verhältnisses, aber zunächst doch nur eines Verhältnisses zweier Empfindungen, dem das Verhältniss der beiden Gewichte nur dann entsprechen könnte, wenn die Gewichts-Empfindungen den Gewichten proportional wären.

Nur wenn sich Einer gut darauf eingeübt hat, das absolute Gewicht einer Last zu schätzen und das Gewicht nach Grammen, Lothen etc. anzugeben, vermag er dann auch das wirkliche Verhältniss zweier Gewichte annähernd in Zahlen auszudrücken. Er bestimmt dann für beide das absolute Gewicht und berechnet sich hieraus das Verhältniss. Die Methode, deren wir uns bedienen, um das Längenverhältniss zweier gesehenen Linien in Zahlen anzugeben, und bei welcher wir uns die kürzere Linie ein oder mehrere Male von der längeren abgetragen denken, ist bei den Gewichts-Empfindungen desshalb nicht anwendbar, weil die letztern keine Ausdehnung haben.

Überblicken wir noch einmal das Ergebniss unserer Betrachtungen: Ob wir Gewichtsverhältnisse unmittelbar aufzufassen vermögen, ist noch ungewiss; jedenfalls hat es Weber nicht erwiesen, denn seine Versuche sind nur auf die Bestimmung der kleinsten ebenmerklichen Unterschiede zweier Gewichte gerichtet. Dass wir die Verhältnisse der Schwingungszahlen nicht unmittelbar auffassen können, ist Thatsache; diese Verhältnisse lehrt uns erst die Physik kennen. Zustimmen also können wir Weber nur in der Behauptung, dass wir im Stande sind, die Verhältnisse von Raumgrössen aufzufassen, ohne zuvor deren absolute Grösse (nach Zollen etc.) bestimmt zu haben.

§. 3. Das von Fechner sogenannte Weber'sche Gesetz.

Fechner fand in den oben angeführten Auseinandersetzungen Weber's ein Gesetz ausgesprochen, welches er als das Weber'sche Gesetz bezeichnet, nämlich, „dass die Grösse des Reizzuwuchses gerade im Verhältnisse der Grösse des schon gewachsenen Reizes ferner wachsen muss, um noch dasselbe für das Wachsthum der Empfindung zu leisten“ [1] oder anders

[1] Psyschophysik, I. 64.

ausgedrückt, „dass gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen“. [1]

Man wird jedoch vergebens bei Weber einen Satz suchen, der auch nur entfernt das ausspricht, was in den eben angeführten Sätzen Fechner's enthalten ist. Dieselben tragen daher den Namen Weber's ganz mit Unrecht, und ich glaube auch, dass Weber überhaupt nicht daran gedacht hat, das sagen zu wollen, was später Fechner in seinen Worten zu finden meinte.

Weber kam zu dem Ergebnisse, dass dem eben merklichen Höhenunterschiede zweier Töne immer dasselbe Verhältniss der Schwingungszahlen, dem eben merklichen Längenunterschiede zweier gesehenen Linien immer dasselbe Verhältniss ihrer wirklichen Längen, und dem eben merklichen Unterschiede zweier Gewichte immer dasselbe Verhältniss der beiden Gewichte entspreche. Wollte man dies, über Weber hinausgehend, verallgemeinern, so könnte man sagen, dass die Ebenmerklichkeit des Unterschiedes zweier gleichartigen Reizgrössen nicht vom Unterschiede sondern vom Verhältnisse der beiden Reizgrössen abhänge, oder dass der wirkliche Unterschied zweier ebenmerklich verschieden erscheinenden gleichartigen Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachse.

Diesen Satz, den ich fortan als den Weber'schen Satz von den ebenmerklichen Unterschieden bezeichnen will, kann man also mit einem gewissen Rechte nach Weber benennen, denn er drückt im erweiterten Masse das aus, was Weber durch seine Versuche wenigstens für die extensiven Gesichtsempfindungen, die Tonempfindungen und die Gewichtsempfindungen festgestellt zu haben glaubte. Aber dieser Satz ist nichts weniger als gleichbedeutend mit dem Fechner'schen Satze, nach welchem gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen sollen. Über das Gesetz, nach welchem die Empfindung mit dem Reize wächst, hat Weber gar nichts ausgesagt. Ja, es besteht zwischen dem Satze von den ebenmerklichen Unterschieden und dem Fechner'schen

---

[1] L. c. I. 65.

Satze nicht einmal ein nothwendiger Zusammenhang; der zweite Satz folgt gar nicht aus dem ersten. Am besten lässt sich dies an den extensiven Gesichts-Empfindungen zeigen.

Betrachten wir im Sinne Fechner's die Länge einer Linie als eine Reizgrösse und nehmen wir an, das Verhältniss zweier ebenmerklich verschieden erscheinenden Linien sei stets wie 50 : 51. Wenn nun eine 50^{mm} lange Linie um 1^{mm}, ein 500^{mm} lange Linie aber um 10^{mm} wüchse, so würden beide Linien einen ebenmerklichen Zuwuchs erfahren, und diese beiden Zuwüchse müssten, nach Fechner's Satze, für unsere Empfindung ganz gleichwerthig sein. Dies ist offenbar paradox, und zwar wird die Paradoxie ganz handgreiflich, wenn man solche, den ebenmerklichen Unterschieden entsprechende, angeblich immer gleiche Empfindungszuwüchse sich summiren lässt. Denken wir uns, wir hätten der ursprünglich 50^{mm} langen Linie so viel ebenmerkliche Längenzuwüchse ertheilt, dass sie in Wirklichkeit um 50^{mm}, d. i. um ihre eigene Länge gewachsen wäre, und wir hätten ferner der zweiten Linie, die ursprünglich 50^{cm} lang war, genau ebensoviel ebenmerkliche Längenzuwüchse verschafft, so würde uns nach dem Fechner'schen Satze der Gesammtzuwuchs der letzteren Linie nur ebenso gross erscheinen dürfen, wie der Gesammtzuwuchs der ersteren. Bei dieser, die ursprünglich 50^{mm} lang war, betrug dieser Zuwuchs in Wirklichkeit 50^{mm}, bei der anderen Linie aber hätte er, entsprechend ihrer ursprünglich grösseren Länge, 50^{cm} betragen müssen. Diese zugewachsenen 50^{cm} nun und jene zugewachsenen 50^{mm} müssten uns also gleich gross erscheinen, denn beide entsprächen gleich vielen gleich grossen Empfindungszuwüchsen der beiden ursprünglichen Empfindungsgrössen. Es wächst aber bekanntlich die scheinbare Länge einer Linie (innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen) proportional mit ihrer wirklichen Länge, d. h. die Empfindungsgrösse nimmt proportional mit der Reizgrösse zu; und es ist gut, dass es so ist, sonst könnte von einer Wahrnehmung der räumlichen Verhältnisse der Aussenwelt gar nicht die Rede sein; denn wenn gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprächen, so würden unsere Empfindungen nicht proportional, sondern nur logarithmisch mit den Reizgrössen wachsen.

len, es hätte beiderseits die Schwere der Last um gleichviel zugenommen. Jeder wird aber von vornherein zugeben und überdies leicht durch den Versuch bestätigen können, dass dies auch nicht entfernt der Fall ist. Vielmehr erscheint uns der Gewichtszuwuchs auf der einen Seite klein, auf der andern sehr gross.

Gesetztenfalls ich habe einen Zinnteller in der Hand, der 3 Pfd. wiegt, und ich lasse 3 Pfd. darauf legen, so erscheinen mir nach Fechner's Satze diese zugewachsenen 3 Pfd. nur ebenso schwer, wie 3 Loth, die ich auf einen zuvor in die Hand genommenen Pappteller legen lasse, der nur 3 Loth wiegt.

Dagegen wird Fechner einwenden, man müsse das Gewicht des Armes, der ja auch mit gehoben und gehalten wird, mit einrechnen. Lassen wir dies einmal vorläufig gelten und ändern demgemäss den Versuch ab. Angenommen, Fechner wolle das Armgewicht mit 3 Pfd.[1] eingerechnet wissen, so nehme man in die eine Hand einen 4 Pfd. schweren Haken und hebe dann mit diesem Haken 7 Pfund, während man mit der andern Hand 3 Pfund an einer Schlinge hebt, deren Gewicht vernachlässigt werden kann. Dann ergeben sich beim Heben beiderseits gleiche relative Gewichtszuwüchse und demnach müssten uns die 7 Pfd. denselben scheinbaren Gewichtszuwuchs an der mit dem Haken versehenen Hand geben, wie die 3 Pfd. an der anderen Hand. Dies ist nicht entfernt der Fall.

Um aber den erwähnten Einwand überhaupt auszuschliessen, kann man die genannten Versuche in der Form der sogenannten passiven Druckversuche anstellen. Man lege beide Hände mit der Rückenfläche auf den Tisch und nehme beispielsweise die Metallplatten einer Volta'schen Säule zum Versuche. Auf die linke Hand lasse man zuerst eine, auf die rechte fünf Platten legen und dann rasch linkerseits noch eine und rechterseits noch fünf Platten hinzufügen. Der Gewichtszuwuchs wird dann, auch wenn man die Augen geschlossen hat und von vornherein nicht weiss, was zugelegt wurde, rechterseits sehr viel grösser erscheinen, als linkerseits.

Es ist also ganz und gar unrichtig, dass die Intensität der Gewichts-Empfindung nur logarithmisch mit der Grösse der

---

[1] Siehe unten §. 7

Gewichte wachse, vielmehr wächst sie viel rascher. Später werden wir sehen, dass dies auch nöthig ist, weil sonst die Einübung mechanischer Fertigkeiten, bei welchen es überall auf eine richtige Auffassung der Gewichts- und Widerstandsverhältnisse ankommt, unmöglich scheint. Es verhält sich höchst wahrscheinlich mit den Gewichts-Empfindungen ähnlich wie mit den extensiven Gesichts-Empfindungen: beide wachsen innerhalb der praktisch in Betracht kommenden Grenzen annähernd proportional mit den Reizgrössen.

Nachdem nunmehr an zwei Beispielen, und zwar sowohl für die Extensität, als für die Intensität der Empfindungen erwiesen ist, dass den wirklich verschiedenen, wenn auch relativ gleichen ebenmerklichen Reizzuwüchsen durchaus nicht gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen, erscheint es vorläufig nicht nöthig, die Untersuchung auf andere Empfindungsgebiete auszudehnen. Denn es galt zunächst nur zu zeigen, dass der Fechner'sche Satz (das von ihm sogenannte Weber'sche Gesetz) keine Consequenz der Weber'schen Versuche und insbesondere auch nicht des Satzes ist, nach welchem die wirklichen ebenmerklichen Differenzen zweier Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachsen sollen; es galt ferner zu zeigen, dass, wenn auch vielleicht auf irgend einem Empfindungsgebiete den objectiv verschiedenen ebenmerklichen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen sollten, dies eben nur eine Besonderhe it des betreffenden Empfindungsgebietes sein würde, da an eine allgemeine Giltigkeit des Satzes nach den gegebenen Erörterungen wohl nicht mehr zu denken ist.

Wie Fechner der Meinung war, dass der Satz von den ebenmerklichen Unterschieden im Grunde identisch sei mit dem Satze, nach welchem gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen sollen, daher er ohne besondere Begründung den einen Satz für den anderen einführt; so finden wir auch in der Literatur immer und immer wieder die Verwechslung dieser beiden so fundamental verschiedenen Sätze. Es muss daher nochmals ganz ausdrücklich betont werden, dass, auch wenn der erste Satz sich auf allen Sinnesgebieten als richtig erwiesen hätte, was nicht entfernt der Fall ist, doch der zweite Satz desshalb um keines Haares Breite richtiger sein würde.

§. 4. Fechner's psychophysisches Grundgesetz.

Nimmt man mit Fechner an, dass gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen, so behauptet man zugleich, dass zwischen den Reizgrössen und den entsprechenden Empfindungsintensitäten eine analoge Beziehung bestehe, wie zwischen den Zahlen und ihren Logarithmen. Diesen Satz will ich im Folgenden der Kürze wegen als den Satz vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung bezeichnen. Auf ihn stützt sich das jetzt zu erörternde psychophysische Grundgesetz Fechner's.

In der Kette von physikalischen und physiologischen Vorgängen, deren Anfangsglied die Einwirkung des Reizes auf das Sinnesorgan, deren Endglied die Empfindung ist, ragt ein Vorgang durch seine ganz besondere Bedeutung hervor, d. i. der von Fechner sogenannte psychophysische Process, an welchen die Empfindung unmittelbar geknüpft ist. Fechner legte sich nun die Frage vor, ob die von ihm angenommene logarithmische Abhängigkeit der Empfindung vom Reize darauf zurückzuführen sei, dass der psychophysische Process logarithmisch mit dem Reize wachse, während zwischen Empfindung und psychophysischem Processe Proportionalität bestehe; oder darauf, dass zwar psychophysischer Process und Reiz proportional gehen, aber die Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit vom psychophysischen Processe sei. Er entschied sich für die zweite Annahme. „Schon ein sehr allgemeiner Gesichtspunkt, sagt Fechner,[1] ist hinreichend, die Entscheidung zu Gunsten dieser Annahme fallen zu lassen. Nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete ist eine Abhängigkeit zwischen psychischer und physischer Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Massformel sehr wohl denkbar, wogegen eine solche Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie sie einerseits durch die Reizwirkung, andererseits durch die psychophysische Thätigkeit repräsentirt wird, im Sinne der physikalischen und physiologischen Gesetze nicht denkbar ist."

[1] Psychophysik. II, S. 429.

Durch diese seine Annahme eröffnet sich Fechner die Möglichkeit, den Satz von den ebenmerklichen Unterschieden gleichsam von allen Schlacken seiner mangelhaften empirischen Gültigkeit zu reinigen, indem er alle Abweichungen auf die nicht ganz genaue Proportionalität zwischen dem psychophysischen Processe und dem Reize zurückführt, so dass er nun sein psychophysisches Gesetz, nach welchem die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wachsen soll, als das Grundgesetz aller Beziehungen zwischen Materie und Geist auf eine gleich hohe Stufe stellen kann, wie das Newton'sche Gravitationsgesetz. „Es hindert, sagt er,[1] nicht nur nichts anzunehmen, sondern, falls es überhaupt eine wesentlich functionelle Beziehung zwischen Körper und Geist gibt, sind wir genöthigt anzunehmen, dass die Gültigkeit der Gesetze, welche die Grösse und Art der Empfindung mit der Grösse und Art der psychophysischen Bewegung verknüpfen, eine unbedingte und unbeschränkte sei, so gut als die Gültigkeit des in der Natur wesentlich begründeten Gravitationsgesetzes, so dass, wenn und wo auch dieselbe Grösse und Art psychophysischer Bewegung vorhanden ist, immer dieselbe Grösse und Art zugehöriger Empfindung vorhanden ist, und dass alle Abweichungen, die wir von der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes und der darauf gegründeten Formeln bei Beziehung auf den äussern Reiz finden, nur darin ruhen, dass derselbe äussere Reiz nicht unter allen Umständen dieselbe Grösse psychophysischer Thätigkeit erzeugt."

Wir haben also bei Fechner drei Sätze sehr wohl zu unterscheiden. Der erste basirt unmittelbar auf den Versuchen über ebenmerkliche Unterschiede und besagt, dass die wirklichen Unterschiede zweier eben merklich verschieden empfundener gleichartiger Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachsen. Der zweite Satz, der, wie oben gezeigt wurde, gar nicht aus dem ersten folgt, den aber Fechner ohne Weiteres mit dem ersten identificirt, sagt aus, dass gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen, was zugleich

[1] L. c. II. S. 435.

22*

bedeuten würde, dass die Empfindung logarithmisch mit dem Reize wächst. Der dritte Satz endlich ist das eigentliche psychophysische Grundgesetz Fechner's, und dient ihm zur Erklärung des zweiten. Dieser dritte Satz behauptet, dass die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wächst.

Den ersten und zweiten Satz betrachtet Fechner als kurzen, zusammenfassenden Ausdruck für festgestellte Thatsachen; den dritten stellt er nur als eine Hypothese auf, zu der er nothwendig gedrängt wurde, weil er den zweiten Satz für erwiesen hielt. Zur Erklärung desselben blieb in der That, wenn man sich nicht ins ganz Unwahrscheinliche verlieren wollte, nur die Annahme einer logarithmischen Abhängigkeit entweder des psychophysischen Processes vom Reize oder der Empfindung vom psychophysischen Processe.

Nachdem ich nun gezeigt habe, dass der erste Satz den zweiten gar nicht fordert, und dass es daher ganz unzulässig wäre, aus dem ersten, selbst wenn er ganz richtig wäre, den zweiten Satz zu folgern, so ist nun der dritte Satz eigentlich gegenstandslos geworden. Denn das, was er erklären sollte, nämlich die logarithmische Abhängigkeit der Empfindung vom Reize, ist gar nicht als thatsächlich erwiesen. Ja noch mehr, es ist oben gezeigt worden, dass nicht nur die Extensität der Gesichts-Empfindungen, sondern auch die Intensität der Gewichts-Empfindungen wirklich nicht logarithmisch mit den Reizgrössen wächst.

Hiermit ist die Ungültigkeit des dritten Satzes als eines allgemeinen psychophysichen Grundgesetzes eigentlich hinreichend dargethan. Es könnte sich nur darum handeln, zu untersuchen, in wie weit der zweite Satz etwa in besonderen Fällen gültig und wie dies zu erklären sei. Von der Höhe der Ton-Empfindung ist ja anerkannt, dass sie logarithmisch mit der Schwingungszahl wächst, und eben so steht fest, dass die Helligkeit der Licht-Empfindung nicht proportional mit der objectiven Licht-Intensität, sondern viel langsamer zunimmt. Für solche besondere Fälle würde auch nach besonderen Erklärungen zu suchen sein, was eine Aufgabe für sich wäre. Die Hauptaufgabe jedoch,

welche ich mir hier gestellt hatte, die Widerlegung des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes ist mit dem Gesagten eigentlich schon erledigt.

Aber einer Autorität wie Fechner gegenüber und angesichts der Thatsache, dass das Fechner'sche Grundgesetz oder wenigstens der Satz von der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize als etwas längst hinreichend Bewiesenes gilt und gleichsam schon zu einem wissenschaftlichen Glaubensartikel geworden ist, halte ich für nothwendig, die Widerlegung aller drei Sätze noch in ausführlicher Weise zu geben. Ich werde demnach zuerst die innere Unwahrscheinlichkeit des dritten Satzes erörtern, sodann zeigen, inwieweit der zweite Satz auf den verschiedenen Sinnesgebieten *a priori* unwahrscheinlich oder durch die Thatsachen widerlegbar ist, endlich den ersten Satz kritisch erörtern und darthun, dass wir bis jetzt gar kein Recht haben, ihn als einen allgemein gültigen hinzustellen.

Die Gültigkeit des Satzes von der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize ist, wie schon erwähnt wurde, betreffs der Licht-Empfindung bereits von Helmholtz und noch entschiedener von Aubert bestritten worden; indessen konnte Fechner darauf hinweisen, wie er ja selbst eine strenge Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes gar nicht behauptet habe und gerne zugebe, das die Grenzen dieser Gültigkeit für den Gesichtssinn enger zu ziehen seien, als er anfangs geglaubt habe, wie aber dadurch sein psychophysisches Grundgesetz gar nicht alterirt, sondern nur ein weiteres Beispiel für die nicht genaue Proportionalität zwischen dem psychophysischen Processe und dem äusseren Reize beigebracht werde. Umgekehrt nahm Mach[1] zwar den Satz vom logarithmischen Wachsthum der Licht-Empfindung als einen wohlbegründeten an, äusserte aber Zweifel darüber, ob derselbe aus der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom psychophysischen Processe und nicht vielmehr aus einer logarithmischen Abhängigkeit des psychophysischen Processes vom Reize, also physiologisch zu erklären sei. „Die letzte Nervenerregung, sagt Mach, und die Empfindung, welche unabänderlich parallel mit einander gehen, können wohl nicht anders als einander proportional sein.“

---

[1] Sitzungsberichte dieser Akademie, LVII. Bd., II. Abth. 1868. S. 11.

§. 5. Die theoretische Unwahrscheinlichkeit des Fechner'schen psychophysischen Gesetzes.

Man mag über das Wesen der Seele und über ihre Beziehungen zum Leibe denken wie man will, so wird man sich doch, wenn man überhaupt das Bedürfniss nach einer wissenschaftlichen Untersuchung jener Beziehungen hat, immer fragen müssen, nach welchem Gesetze dieselben sich regeln, durch welche Function die Art der Abhängigkeit der psychischen Processe von den physischen und umgekehrt der physischen von den psychischen sich ausdrücken lässt, so weit man eben eine solche gegenseitige Abhängigkeit überhaupt gelten lassen will.

Ergeht man sich nun in Vermuthungen über die Art dieser Abhängigkeit, so liegt doch offenbar nichts näher, als die Annahme, dass die Seele die Einwirkung des Leibes in dem Masse stärker spüre, als die einwirkenden Kräfte zunehmen, mit andern Worten, dass die Grösse oder Intensität der psychischen Processe mit den veranlassenden physischen Processen proportional wachse und abnehme; dass ferner umgekehrt der Leib in dem Masse stärker von den psychischen Processen beeinflusst werde, als diese selbst stärker sind, so dass auch hier Proportionalität zwischen den Intensitäten des psychischen und physischen Geschehens bestehe.

Diese Annahme ist die einfachst mögliche, muss desshalb schon aus Gründen der Methode zuerst geprüft werden, und ist übrigens bis auf Fechner immer stillschweigend gemacht und nach ihm von Mach (s. o.) wieder aufgestellt worden. Erst, wenn sie als unrichtig erwiesen ist, wird man nach verwickelteren Formeln suchen dürfen.

Eine Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, Wirkendem und Gewirkten ist uns von vornherein verständlich, ein verwickelteres Gesetz der Beziehungen zwischen beiden aber besonders dann schwer begreiflich, wenn, wie in diesem Falle, Wirkendes und Gewirktes unmittelbar und nicht durch Zwischenglieder von einander abhängen. Eine solche unmittelbare Abhängigkeit besteht aber unserer Voraussetzung nach zwischen psychischen und psychophysischen Processen; denn wir bezeichnen

als letztere ausschliesslich jene leiblichen Processe, mit welchen der psychische Vorgang unmittelbar gegeben ist. Dies Alles gilt schon dann, wenn man Leib und Seele als zwei verschiedene Wesen einander gegenüber stellt, wie viel mehr aber dann, wenn, wie Fechner annimmt, Wirkendes und Gewirktes, psychophysischer und psychischer Process im Grunde ein und dasselbe sind, nur zwei Seiten oder Erscheinungsweisen eines und desselben Wesens.

Noch eine andere wichtige Rücksicht fordert, die Annahme der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung, Psychischem und Physischem zuerst zu erwägen. Wie soll die Seele die Verhältnisse der Aussenwelt richtig auffassen können, wenn zwischen den Dingen und Ereignissen der Aussenwelt und denen unserer Innenwelt keine Proportionalität besteht, wenn das Mass, welches die Seele an die Aussendinge anlegt, nämlich die Grösse oder Stärke ihrer Empfindungen gar nicht auf diese Aussendinge passt?

Allerdings hat Fechner, da er selbstverständlich bemerkte, dass das Auge die Raumverhältnisse im Allgemeinen so auffasst, wie sie wirklich sind, und nicht in logarithmischer Entstellung, für dieses Sinnesorgan die Hülfshypothese gemacht, dass für dasselbe vermöge einer besonderen Einrichtung die Verwirrung, welche das psychophysiche Gesetz beim Sehen anrichten müsste, verhütet werde. Aber für die richtige Auffassung der zeitlichen Extensität der Empfindung, für die Auffassung von Druck-, Gewicht- und Schallintensität müssten nun auch besondere Massregeln getroffen sein, um die Übelstände zu verhüten, die, wie wir sehen werden, auch hier aus dem psychophysischen Gesetze Fechner's folgen würden. Mit einem Worte, die Ausnahmen würden schliesslich zahlreicher sein müssen als die Regel. Denn eine logarithmische Verzerrung der Verhältnisse des Wirklichen könnte sich die Seele eben nur da gefallen lassen, wo ihr, wie bei den Schwingungszahlen, eine richtige Auffassung derselben entbehrlich ist, weil sie auch ohne dieselbe sich in der Welt orientiren kann.

§. 6. Die theoretische Unwahrscheinlichkeit und thatsächliche Unrichtigkeit des Satzes vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung.

Man hat versucht, auch vom theleologischen Standpunkte die Nothwendigkeit der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize darzuthun. Dieser Thatsache gegenüber erscheint es nicht überflüssig, sich die Consequenzen klar zu machen, welche eine solche Einrichtung für die verschiedenen Sinnesgebiete haben würde. Man kommt dabei sehr bald zu der Einsicht, dass das Fechner'sche Gesetz in hohem Grade unzweckmässig wäre, und dass überdies seine Consequenzen in auffallendem Widerspruche mit den Thatsachen sind.

Um die Untersuchung möglichst umfassend zu führen, muss man sowohl die Extensität als die Intensität der Empfindungen berücksichtigen; doch ist über erstere nach dem schon oben Gesagten nicht viel hinzuzufügen.

Die Extensität der Empfindungen ist eine doppelte, nämlich eine räumliche und eine zeitliche. Was erstere betrifft, so habe ich im §. 3 gezeigt, zu welch sonderbaren Folgerungen die Annahme führt, dass die scheinbare Grösse der gesehenen Dinge nicht proportional, sondern nur logarithmisch mit der wirklichen Grösse wachse. Ganz ähnlich aber verhält sichs mit der zeitlichen Extensität. Wüchse die subjective oder scheinbare Dauer einer Empfindung nur logarithmisch mit der Reizdauer, so wäre eine richtige Auffassung der zeitlichen Verhältnisse unmöglich. Der Rhythmus eines Musikstückes, die zeitliche Vertheilung der einzelnen Schallreize wird von uns nur in soweit richtig wahrgenommen, als die Zeitgrössen der Ton-Empfindungen den Zeitgrössen der akustischen Reize gleich sind, womit die Proportionalität zwischen beiden von selbst gegeben ist. Wäre dies nicht der Fall, so müsste der scheinbare Rhythmus einer Melodie bei verschiedenem Tempo ein ganz verschiedener werden, und wir würden von den zeitlichen Verhältnissen ebenfalls nur Zerrbilder wahrnehmen. Das Paradoxe der Annahme liegt überhaupt auch hier ganz offen zu Tage.

Wenn man sich diese Consequenzen des Fechner'schen Satzes für die Extensität der Empfindungen recht vergegenwär-

tigt, so wird man mit der nöthigen Objectivität an die Untersuchung der Folgen gehen, welche der Fechner'sche Satz in Betreff der Intensität der Empfindungen haben würde.

Betrachten wir zunächst die Gewichts-Empfindungen. Es wurde schon im §. 3 erörtert, dass wir sehr wohl im Stande sind, den willkührlichen Kraftaufwand nach den Gewichten oder Widerständen zu bemessen, welche wir zu überwinden haben. Auf diesem unserem Vermögen beruhen alle unsere mechanischen Fertigkeiten. Es würde sich dieses Vermögen allerdings, obwohl meiner Ansicht nach nur nothdürftig, auch dann erklären lassen, wenn die Gewichts- oder Widerstands-Empfindung nur logarithmisch mit dem wirklichen Gewichte oder Widerstande wüchse; denn auch dann würde ja, wie ebenfalls schon oben erörtert wurde, jeder bestimmten Gewichtsgrösse eine bestimmte Empfindungsintensität entsprechen, sofern alle sonstigen Umstände wieder die gleichen sind. Wir brauchten dann nur, und zwar ganz im Geiste des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes weiter anzunehmen, dass zwischen dem subjectiven Ausmass der Kraft, oder kurz gesagt, der gewollten Kraft und der von den Muskeln wirklich aufgewandten die umgekehrte Beziehung bestehe, wie zwischen Reiz und Empfindung, nämlich dass der wirkliche Kraftaufwand seitens der willkührlich innervirten Muskeln gleich den Zahlen zunehme, wenn die gewollte Kraft nur gleich den Logarithmen wachse. Der Einklang zwischen der Empfindung eines Gewichts oder Widerstandes und der zu seiner Überwindung willkührlich aufgewandten Kraft wäre dann verständlich. Einer tiefergehenden Untersuchung würde freilich, wie ich meine, diese Erklärung nicht Stand halten können.

Eines aber bliebe uns jedenfalls bei einer solchen Einrichtung vollständig versagt, d. i. eine richtige Auffassung der Gewichts- oder Widerstandsverhältnisse. Diese Verhältnisse würden uns in ganz entstellter Weise zum Bewusstsein kommen. Der Unterschied zwischen 5 und 10 Loth, die auf unsere Hand drücken, würde uns nicht kleiner erscheinen, als der Unterschied zwischen 5 und 10 Pfund; wir würden von allen dynamischen Verhältnissen der Aussenwelt nur Zerrbilder empfangen. Ich will nicht weiter ausführen, warum meiner Ansicht nach eine solche Einrichtung uns die Einübung mechanischer Fertigkeiten ausser-

ordentlich erschweren oder ganz unmöglich machen würde. Es genügt hier, darauf hinzuweisen, dass die Harmonie, welche zwischen unseren Gewichts- oder Widerstands-Empfindungen und der von uns zur Überwindung derselben willkührlich aufgewandten Kräfte besteht, sich viel einfacher durch die Annahme einer wenigstens angenäherten directen Proportionalität zwischen Empfindungsintensität und Gewichts- oder Widerstandsgrösse erklären lässt, und dass eine solche Einrichtung desshalb viel zweckmässiger erscheint, weil sie uns zugleich eine richtige Auffassung der Verhältnisse jener Kräfte möglich macht, welche mittelst Druck oder Zug auf uns einwirken.

Hat somit die Fechner'sche Annahme keinerlei theoretische Wahrscheinlichkeit für sich, so lehrt überdies die experimentelle Untersuchung sofort, dass jene Annahme durchaus falsch ist. Wie solche Versuche einzurichten sind, wurde schon in §. 3 angedeutet. Dieselben zeigen allerdings zunächst nur, dass die Gewichts-Empfindung sehr viel rascher wächst, als dies nach Fechner der Fall sein dürfte, aber sie geben keinen Aufschluss über das Gesetz, nach welchem die Empfindung mit dem Gewichte zunimmt. Ich hoffe jedoch durch eine besondere Einrichtung derartiger Versuche auch hierüber einigermaassen Aufschluss zu bekommen. Hier reicht es hin, nachgewiesen zu haben, dass Fechner's Ansicht sich durch ganz einfache Versuche widerlegen lässt.

Nächst den Gewichtsempfindungen hat Fechner besonders die Licht-Empfindungen betreffs der Gültigkeit seines Gesetzes in Betracht gezogen. Sehen wir also zu, was uns dasselbe auf diesem Gebiete leisten könnte, wenn es gültig wäre.

Für die Licht-Empfindungen erscheinen von vornherein ganz andere Einrichtungen wünschenswerth, als für die Gewichts-Empfindungen. Das Gewicht eines Dinges ist ebenso wie seine Gestalt ein wesentliches Attribut desselben, seine jeweilige objective Helligkeit aber, die Menge des von seiner Oberfläche zurückgeworfenen Lichtes, ist insofern etwas Zufälliges, als dieselbe nicht blos von der Beschaffenheit des Dinges, sondern auch von der höchst veränderlichen Intensität der Beleuchtung abhängt. Das Gewicht und die Form eines Dinges werden sozusagen um ihrer selbst willen empfunden oder wahrgenommen,

das Licht aber nicht; dieses wird vielmehr hauptsächlich um der Dinge willen empfunden, die es uns erst sichtbar macht. Es kommt uns also beim Sehen auf das Licht als solches und auf seine Intensität im Allgemeinen gar nicht an, sondern nur auf die Dinge, die es beleuchtet.

Während dem entsprechend die Proportionalität zwischen den wirklichen Raumgrössen und den Raumgrössen der Empfindung, ferner zwischen den wirklichen Gewichten und den Grössen der Gewichts-Empfindungen unerlässlich scheint, wenn anders wir die Aussenwelt richtig auffassen und mittelst unserer Bewegungen beherrschen sollen, so erscheint es von vornherein ziemlich unwesentlich, ob wir die Lichtquantitäten, welche von verschiedenen Dingen und bei verschiedener Beleuchtung von demselben Dinge zurückgeworfen werden, in ihren richtigen Verhältnissen, d. h. nach dem Gesetze der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung auffassen oder nicht.

Neben den Umrissen der Dinge macht uns das Licht auch ihre Farbe sichtbar, wobei ich hier unter Farbe eben sowohl die Farbe im engeren Sinne, als auch Weiss, Grau und Schwarz nebst ihren Übergängen verstehe. Die Farbe nun sehen wir ebenfalls als ein wesentliches Attribut der Dinge an; schon von Weitem unterscheiden wir Schnee von Russ, nennen ersteren weiss und letzteren schwarz, obwohl der Verschiedenheit ihrer Farbe nur die Verschiedenheit der von ihnen zurückgeworfenen Lichtmengen entspricht.

An einem sonnigen Mittage kann von einer Russfläche eben so viel Licht zurückgeworfen werden, als zur Zeit der Dämmerung von einer Schneefläche. Damit wir nun trotz so verschiedenen Beleuchtungen ein und dasselbe Ding unter sonst gleichen Verhältnissen immer in der gleichen Farbe sehen, d. h. von ihm immer dieselbe Licht-Empfindung bekommen könnten, und also der Schnee uns immer in demselben Weiss, der Russ in demselben Schwarz erschiene, wäre theoretisch zu fordern, dass die Empfindlichkeit des Auges für das Licht sich stets umgekehrt proportional zur Intensität der allgemeinen Beleuchtung verhielte, damit das Product aus Reiz und Empfindlichkeit, d. i. die von einem bestimmten Dinge veranlasste Licht-Empfindung immer dieselbe bliebe.

Dieser Forderung entspricht das Fechner'sche Gesetz zwar nicht; da aber nach demselben die scheinbaren Helligkeiten nicht proportional mit der Intensität der Beleuchtung, sondern sehr viel langsamer wachsen würden, so wäre die Realisirung dieses Gesetzes allerdings geeignet, jener Forderung wenigstens entgegen zu kommen. Denn offenbar würden nach diesem Gesetze die von dem Wechsel der Gesammtbeleuchtung abhängigen Veränderungen der scheinbaren Helligkeit eines Dinges sehr viel kleiner sein, als die Änderungen der objectiven Helligkeiten, und die aus dem Wechsel der Beleuchtung resultirenden Übelstände jedenfalls wesentlich gemildert. Es würde uns dadurch viel leichter gemacht werden, die Dinge an ihrer Farbe wieder zu erkennen, als wenn scheinbare und wirkliche Helligkeiten proportional wüchsen.

Hier haben wir also den ersten Fall, wo der Fechner'sche Satz vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung *a priori* wenigstens nicht unannehmbar erscheint, und dazu kommt, dass zahlreiche Erfahrungen uns lehren, wie in Wirklichkeit die scheinbaren Helligkeiten viel langsamer wachsen als die objectiven Licht-Intensitäten.

Mischt man z. B. auf dem Farbenkreisel Schwarz und Weiss zu gleichen Hälften, und lässt dabei der Scheibe einen weissen Rand und eine schwarze Mitte, so hat der durch die Mischung entstandene graue Ring bekanntlich eine Helligkeit, welche durchaus nicht genau in der Mitte zwischen den Helligkeiten des centralen Schwarz und des peripheren Weiss liegt, wie doch sehr angenähert der Fall sein müsste, wenn die scheinbaren Helligkeiten den wirklichen proportional wären; vielmehr steht das gemischte Grau dem Weiss viel näher als dem Schwarz. Es spricht ferner dafür die bekannte Thatsache, dass im fast dunklen Zimmer das Anzünden der ersten Kerze einen höchst auffälligen scheinbaren Helligkeitszuwachs gibt, das der zweiten schon einen kleineren, das der dritten einen noch kleineren u. s. f.

Der Fechner'sche Satz scheint also hier sowohl mit der theoretischen Forderung, als mit den Thatsachen in ziemlichem Einklang zu sein.

In der That kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die scheinbaren Helligkeiten viel langsamer wachsen, als die entsprechenden objectiven Licht-Intensitäten; aber wir wissen auch bereits, dass dies seine Erklärung in ganz besonderen Einrichtungen des Sehorganes findet.

Eine mittlere Tageshelligkeit ist diejenige Beleuchtung, bei welcher wir am häufigsten die Dinge sehen. Es wäre nun gemäss der obigen Auseinandersetzung zu fordern, dass, wenn die Beleuchtung über das Mittelmass hinaus wächst, die den einzelnen Dingen entsprechenden Licht-Empfindungen sich nicht wesentlich änderten, d. h. die scheinbaren Helligkeiten gleich blieben. Dies wird in der That dadurch einigermassen erreicht, dass erstens die Pupille sich mit steigender Beleuchtung der sichtbaren Dinge verkleinert und den Lichteintritt zum Auge beschränkt, und dass zweitens auch der nervöse Apparat des Auges sich der veränderten Beleuchtung „adaptirt", d. h. dass die Empfindlichkeit desselben abnimmt. Diese Veränderung der Empfindlichkeit ist längst durch schlagende Thatsachen der alltäglichen Erfahrung erwiesen, in neuerer Zeit von Aubert[1] genauer untersucht und schliesslich von mir auch einer physiologischen Erklärung unterworfen worden.[2]

Wenn umgekehrt die Beleuchtung unter das gewöhnliche Durchschnittsmass sinkt, so wäre zu fordern, dass die Helligkeiten der, den verschiedenen Dingen entsprechenden Empfindungen nicht mit sänken. Auch dieser Forderung ist einigermassen genügt, denn mit sinkender Gesammtbeleuchtung erweitert sich die Pupille und steigert sich vermöge der Adaptation die Empfindlichkeit des Auges.

Auf diesen Einrichtungen beruht es hauptsächlich, dass wir, abgesehen von extremen Fällen, die weissen Dinge trotz dem Wechsel der Beleuchtung immer weiss, die grauen grau, die schwarzen schwarz sehen, und dass die scheinbaren Farben der Dinge, d. h. die ihnen entsprechenden Licht-Empfindungen einigermassen constant bleiben. Darauf beruht es ferner, wenigstens

---

[1] Physiologie der Netzhaut.

[2] Zur Lehre vom Lichtsinn, V. Mittheil. Diese Sitzungsberichte LXIX. Bd., III. Abth., 1874.

zen der Ton-Empfindungen ganz verschiedene Intervalle oder Differenzen der Schwingungszahlen entsprechen.

Auf die Temperatur-Empfindungen wie auf die Geruchs- und Geschmacks-Empfindungen will ich hier nicht eingehen, weil sie in Betreff ihrer Intensitätsverhältnisse viel zu wenig untersucht sind. Auch hat Fechner sich bei der Aufstellung seines Satzes vom logarithmischen Wachsthum der Empfindungsintensität im Wesentlichen nur auf die Gewichts-Empfindungen, die scheinbaren Helligkeiten und die subjectiven Schallstärken bezogen. Für die Gewichts- und Schall-Empfindung glaube ich ebensowohl die theoretische Unwahrscheinlichkeit als die thatsächliche Ungültigkeit des Fechner'schen Satzes im Obigen erwiesen zu haben. Die Giltigkeit des Satzes für die Licht-Empfindung schien theoretisch noch am ehesten zulässig; indessen erklärte sich hier das im Vergleiche zur objectiven Helligkeit sehr langsame Wachsen der subjectiven Helligkeit aus physiologischen Einrichtungen, wodurch die Annahme einer logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom psychophysischen Processe ganz überflüssig wurde.

§. 7. Die Unzulänglichkeit der Beweise für den Weber'schen Satz von den ebenmerklichen Unterschieden.

Wir kehren schliesslich zurück zum Ausgangspunkte unserer ganzen Untersuchung, zu dem Satze nämlich, dass der wirkliche Unterschied zweier ebenmerklich verschiedener Reizgrössen mit der Grösse der Reize proportional wachse. Dieser Satz bildet, seine Richtigkeit vorausgesetzt, die empirische Basis des Fechner'schen psychophysischen Gesetzes. Es ist daher nothwendig, sich Rechenschaft zu geben, in wie weit nach dem jetzigen Stande unseres Wissens diese Basis wirklich vorhanden ist. Dabei wird sich zeigen, dass sie äusserst schmal ist, viel schmäler, als man gewöhnlich glaubt und als Fechner seinerzeit zu glauben berechtigt war.

Für das Augenmass wurde der erwähnte Satz, nachdem ihn Weber aufgestellt hatte, durch Versuche von Fechner und von Volkmann bestätigt. Diese Versuche nach der Methode der mittleren Fehler, wobei Distanzen zwischen feinen Spitzen

oder parallelen Fäden beobachtet wurden, gaben „für alle irgend erheblichen Distanzen, d. i. von 10 bis 240^{mm} bei einem Augenabstande von 1 Fuss bis 800^{mm} eine sehr entschiedene Bestätigung des Gesetzes“.[1] Übrigens wurden sie mit bewegtem Auge angestellt, wobei also die Distanz zwischen den Endpunkten einer Strecke mit dem Blicke durchmessen wurde.

Dagegen gelang es den genannten Forschern nicht, durch Versuche über Distanz- oder Grössenwahrnehmung mittelst der Haut, wobei Doppelspitzen auf die Haut aufgesetzt wurden, den Weber'schen Satz zu bestätigen. Die Versuche wurden ebenfalls nach der Methode der mittleren Fehler angestellt, und das übereinstimmende Resultat derselben war, „dass keine auch nur approximative Proportionalität der reinen Fehler mit den Distanzen stattfindet, sondern im Allgemeinen die ersteren viel langsamer und über gewisse Grenzen hinaus oder in grösseren Intervallen gar nicht mit den Distanzen zunehmen.“ [2]

Betreffs der zeitlichen Extensität der Empfindungen sind, allerdings erst nach dem Erscheinen des Fechner'schen Werkes, Untersuchungen von Mach[3] und von Vierordt[4] angestellt worden, welche ergeben haben, dass die ebenmerklichen Differenzen von Zeitgrössen nicht proportional mit diesen Grössen wachsen.

Viel wichtiger als diese Untersuchungen über ebenmerkliche Extensitätsunterschiede sind für die Fechner'sche Psychophysik die nun folgenden über ebenmerkliche Intensitätsunterschiede. Hier glaubte Fechner den Weber'schen Satz von den ebenmerklichen Unterschieden besonders für die Helligkeits-Empfindungen bestätigt zu finden.

Betreffs der Licht-Empfindungen stützte er sich sowohl auf ältere Beobachtungen, als auf neuere, speciell mit Beziehung auf den Weber'schen Satz angestellte Versuche von Volkmann und von Fechner selbst, welche sämmtlich den Satz zu bestäti-

---

[1] Fechner, l. c. I, S. 212. Volkmann, Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik. I. Heft, Leipzig 1863.

[2] L. c. I. S. 235

[3] Diese Sitzungsberichte. LI. Bd. II. Abth. p. 133.

[4] Der Zeitsinn. Tübingen 1868.

gen schienen. Allein schon Helmholtz [1] zeigte, dass der Satz für die Licht-Empfindungen nicht in der Ausdehnung gilt, wie dies Fechner annehmen zu dürfen glaubte. Aubert [2] bestätigte durch grössere Versuchsreihen die Triftigkeit der Einwendungen von Helmholtz, und kam zu dem Ergebniss, „dass das Fechner'sche Gesetz im Gebiete der Licht-Empfindung keine Giltigkeit hat.“ Hatte Helmholtz noch versucht, seine Versuchsergebnisse mit dem Fechner'schen Gesetze durch eine Correctur der Fechner'schen Formel in Einklang zu bringen, so erklärt Aubert geradezu und durchaus mit Recht, dass die Feststellung einer solchen Formel für die Abhängigkeit der Helligkeits-Empfindungen von der Lichtintensität ohne Berücksichtigung der Adaptation der Netzhaut von vornherein unmöglich erscheine.

Über die ebenmerklichen Unterschiede von Gewichten lagen Fechner ausser den Versuchen Weber's noch eigene nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellte Versuche vor. Diese mit einem bewunderungswerthen Aufwand von Ausdauer und Genauigkeit angestellten Versuche konnten aber gleichwohl Fechner keinen genügenden Überblick über die wesentlichen Thatsachen verschaffen, weil sich die Versuche bei dieser Methode nicht genügend variiren lassen, wenn man nicht Jahre dazu verwenden will.

Auf meine Veranlassung haben die Herren Stud. med. Biedermann und Löwit drei grosse Versuchsreihen nach der Methode der ebenmerklichen Unterschiede mit ausgedehnter und zum Theil fein abgestufter Variirung der Gewichtsgrössen angestellt. Ich will aus diesen Versuchsreihen einige Ergebnisse herausgreifen, um ein ungefähres Bild davon zu geben, wie sehr das Verhältniss zweier ebenmerklich verschiedener Gewichte sich mit der Grösse derselben ändert. Die erste Versuchsreihe wurde absichtlich in analoger Weise angestellt, wie Weber es vorschreibt. Ein Handtuch wurde an den beiden zusammengelegten Enden gefasst, während in der so gebildeten Schlinge ein an drei Schnüren befestigter Holzteller hing, welcher die Gewichte trug. Handtuch, Schnüre und Teller wogen zusammen 250^{grm}.

---

[1] Physiol. Optik. S. 314.

[2] Physiologie der Netzhaut. S. 49.

Eine ausführliche Darstellung der ganzen Untersuchung soll später gegeben werden. Ich kann vorläufig versichern, dass dieselbe mit den nöthigen Cautelen und grösster Gewissenhaftigkeit geführt wurde.

In der folgenden Tabelle enthält die erste Verticalreihe das jeweilige Hauptgewicht in Grammen, die zweite das kleinste mit Sicherheit an der fühlbaren Gewichtszunahme erkannte Zusatzgewicht in Grammen, die dritte das annähernde Verhältniss zwischen Haupt- und Zusatzgewicht.

250	12	$1/_{21}$
500	13	$1/_{38}$
750	13	$1/_{58}$
1000	15	$1/_{67}$
1250	16	$1/_{78}$
1500	17	$1/_{88}$
1750	19	$1/_{92}$
2000	20	$1/_{100}$
2250	22	$1/_{102}$
2500	22	$1/_{114}$
2750	28	$1/_{98}$

Wie man sieht, wächst die Unterschieds-Empfindlichkeit sehr bedeutend bis zu einer Grösse des Anfangsgewichtes von 2500^{grm}, um nachher wieder abzunehmen. Der Einfluss der Übung während der langdauernden Versuchsreihe war nicht sehr bedeutend. Denn als zum Schlusse nochmals 250^{grm} als Anfangsgewicht benutzt wurden, betrug das kleinste erkennbare Zusatzgewicht 11^{grm}. Dass 500 und 750^{grm} dasselbe Zusatzgewicht von 13^{grm}, 2250 und 2500^{grm} dasselbe Zusatzgewicht von 22^{grm} forderten, erklärt sich daraus, dass die Zusatzgewichte nur nach ganzen Grammen verändert wurden. Jedenfalls waren 13^{grm} Zusatzgewicht für 500^{grm} Hauptgewicht etwas zu viel, eben so 22^{grm} für 2250^{grm}.

Von 250 bis 2500 wächst das Zusatzgewicht gerade um 10^{grm}, und zwar derart, dass ziemlich genau auf jede 250^{grm} Zuwuchs des Hauptgewichtes 1^{grm} Zuwuchs des Zusatzgewichtes kommt. Fechner würde desshalb die ganze Versuchsreihe, so wenig sie mit den Weber'schen Versuchen in Einklang ist, doch nicht mit seiner eigenen Auffassung in Widerspruch finden. Er

würde nämlich darauf hinweisen, dass man zum Hauptgewichte immer ein bestimmtes Gewicht hinzurechnen müsse, welches durch den hebenden Arm selbst repräsentirt sei, denn dieser biete den beim Heben thätigen Muskeln ebenfalls einen gewissen Widerstand.

Setzen wir diesen Widerstand z. B. gleich 1750^{grm}, so kommt die Versuchsreihe in ziemlich guten Einklang mit der Forderung, dass Hauptgewicht und Zusatzgewicht immer dasselbe Verhältniss haben sollen. [1] Ob eine solche Auffassung berechtigt wäre, soll hier nicht erörtert werden. Ganz besonders aber will ich betonen, dass die Versuchsreihe im Allgemeinen in schöner Übereinstimmung ist mit dem Ergebnisse der Fechner'schen Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle; die Abweichungen vom Weber'schen Satze sind hier und dort ganz analog.

Eine zweite grössere Versuchsreihe bei welcher die Zusatzgewichte nach Zehntelgrammen variirten, wurde derart angestellt, dass ein kleiner Holzgriff, an welchem eine kleine Pappscheibe aufgehängt war, zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst, und so die auf der Pappscheibe liegenden Gewichte gehoben wurden, wobei der Arm ebenfalls nicht unterstützt war, sondern frei gehalten wurde. Ich theile auch aus dieser Reihe einige Ergebnisse mit. Die Zahlen haben die gleiche Bedeutung wie oben; die Gewichtseinheit ist wieder das Gramm.

10	0·7	$^1/_{14}$
50	1·7	$^1/_{29}$
100	2·4	$^1/_{42}$
200	3·6	$^1/_{56}$
300	4·6	$^1/_{65}$
400	5·2	$^1/_{77}$
450	6·5	$^1/_{69}$
500	25·5	$^1/_{20}$

Auch hier wird bis zu einer gewissen Grösse des Anfangsgewichtes das Zusatzgewicht relativ kleiner, um nachher wieder rasch relativ zu wachsen.

[1] In Hinblick hierauf habe ich oben (§. 3) das durch den Arm repräsentirte Gewicht zu 3 Pfund angenommen.

Von einer Einrechnung des Gewichtes des hebenden Armes könnte hier nicht die Rede sein, schon desshalb nicht, weil dasselbe beiläufig nur mit 100 grm angenommen werden dürfte, sofern man die Versuchsreihe auch nur einigermassen mit der Fechner'schen Auffassung in Einklang bringen wollte. Überdies bemerkt Jeder, der Versuche nach der letzterwähnten Methode anstellt, dass man bei der Vergleichung der verschiedenen Gewichte seine Aufmerksamkeit lediglich auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, daher der sogenannte Muskelsinn hier nicht wesentlich in Betracht kommen kann. Einrechnung des Armgewichtes aber hätte nur dann einen Sinn, wenn die Vergleichung auf Grund der Empfindung dieses angeblichen Muskelsinnes ausgeführt würde.

Eine dritte lange Versuchsreihe, bei welcher die Gewichte auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze aus stets gleicher, jedoch nur minimaler Höhe herabfielen, ergab ebenfalls keine Übereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetze. Nach alledem zweifle ich nicht, dass bei den verhältnissmässig wenigen von Weber angestellten Versuchen lediglich durch einen Zufall das Verhältniss der beiden ebenmerklich verschiedenen Gewichte ungefähr dasselbe war.

Betreffs der Giltigkeit des Weber'schen Gesetzes für die Temperatur-Empfindungen hat Fechner Versuche angestellt, deren Resultat er aber ausdrücklich „nur als ein vorläufiges" bezeichnet, und durch welche er das Weber'sche Gesetz innerhalb der Grenzen dieser Versuche zwar „für ziemlich wahrscheinlich gemacht, aber keineswegs für erwiesen" hält.[1]

Es bleiben jetzt, so weit es sich um die Intensität der Empfindungen handelt, nur noch die Versuche zu berücksichtigen, welche über die ebenmerklichen Unterschiede von Schallintensitäten theils von Fechner und Volkmann, theils von Letzterem allein angestellt wurden.[2] Insbesondere Volkmann's Versuche ergaben nach der Mittheilung Fechner's eine innerhalb weiter Grenzen nachgewiesene volle Giltigkeit des Weber'schen Satzes: „Bei diesen Versuchen wurden sowohl Fallhöhe,

[1] L. c. I. S. 208.
[2] L. c. I. S. 177.

als Schwere der (den Schall erzeugenden) fallenden Kugeln als Abstand des Beobachters in weiten Grenzen abgeändert; die Fallhöhen und deren Unterschiede aber an einer verticalen Scala, längs deren der Fall erfolgte, genau bestimmt.“ Bei den verschiedensten absoluten Schallstärken „erschien das Verhältniss der Fallhöhen 3 : 4 (welchem nach Fechner ein gleiches Verhältniss der Schallstärken entspricht) eben hinreichend, eine sichere Unterscheidung für zwei Beobachter mit guter Unterscheidungsgabe zu bewirken.“

Die vollständige Richtigkeit dieser Ergebnisse vorausgesetzt, sind die Schallintensitäten bis jetzt überhaupt die einzigen Reizintensitäten, für welche erwiesen ist, dass die ebenmerklichen Unterschiede derselben den Intensitäten selbst proportional sind. Da nun Fechner's gesammte psychophysische Untersuchungen sich gerade darauf zuspitzen, ein Mass für die Intensität der Empfindung zu finden, so käme es doch vor Allem darauf an, dass der Weber'sche Satz von den ebenmerklichen Unterschieden für die Intensität der Empfindungen eine umfassende Giltigkeit hätte. Statt dessen ist erwiesen, dass der Satz für die Lichtintensitäten und die mittelst des Tastsinnes empfundenen Gewichte nicht gilt, dass er für die mittelst des sogenannten Muskelsinnes empfundenen Gewichte und für die Wärmeintensitäten noch zweifelhaft ist, und dass er bis jetzt überhaupt nur für die Schallintensitäten giltig gefunden wurde.

Es wäre endlich noch zu fragen, inwieweit der Weber'sche Satz für die Tonhöhen gilt, welche man nach der üblichen Auffassung weder als intensive, noch als extensive Empfindungsgrössen bezeichnen kann. Wir wissen zwar, dass gleichen subjectiven Intervallen der Töne gleiche Verhältnisse der Schwingungszahlen entsprechen, aber über die kleinsten ebenmerklichen Unterschiede der Schwingungszahlen liegen nur ganz vereinzelte Versuche, jedoch keine Versuchsreihen vor. Es würde hier für möglichst viele Stufen der Tonscala die kleinste Differenz der Schwingungszahlen zu suchen sein, bei welcher die Höhenverschiedenheit der beiden zugehörigen Töne eben noch mit Sicherheit bemerkbar ist. Selbstverständlich müssten die beiden Töne nach einander gehört werden. Von vornherein ist nicht wahr-

scheinlich, dass diese Differenzen genau proportional mit den Schwingungszahlen wachsen und also zwei ebenmerklich verschieden hoch erscheinende Töne in allen Theilen der Scala dasselbe Intervall oder dasselbe Verhältniss der Schwingungszahlen haben.

Die gegebene kurze Übersicht der Thatsachen, auf welche der Satz von den ebenmerklichen Unterschieden basirt ist, zeigt zur Genüge, dass seine thatsächlichen Stützen sehr spärliche sind. Allerdings ergibt sich aus allem Angeführten, dass die wirklichen Unterschiede zweier Reizgrössen, denen ebenmerklich verschiedene Empfindungen entsprechen, mit der absoluten Grösse der Reize wachsen. Aber sie wachsen, ausser bei optischen Raumgrössen und bei Schallintensitäten, nirgends proportional mit den Reizgrössen, wie es der Weber'sche Satz fordert. Man kann allerdings auf den Gedanken kommen, dass die Abweichungen von der Proportionalität, welche freilich auf den meisten Gebieten sehr gross sind, nur durch besondere Einrichtungen der einzelnen Sinnesorgane bedingte Ausnahmen eines gleichwohl allgemein giltigen Gesetzes sind. Aber so lange nicht entweder die Ursachen dieser Ausnahmen klar dargelegt sind, oder die Nothwendigkeit des Gesetzes auf theoretischem Wege dargethan ist; so lange vielmehr die Ausnahmen viel zahlreicher sind, als die Bestätigung der angeblichen Regel: so lange kann auch der Weber'sche Satz nur als eine noch höchst unsichere Hypothese angesehen werden.

Auch ist zu bedenken, dass die oben angeführten auf verschiedenen Sinnesgebieten angestellten Versuche unter einander nicht recht vergleichbar sind. Die verglichenen Empfindungen waren bald räumlich unmittelbar benachbart, bald lagen sie räumlich oder zeitlich mehr oder weniger weit auseinander. Die angeblichen Intensitätsverschiedenheiten der Empfindungen erweisen sich bei genauer Untersuchung zugleich als qualitative Unterschiede und dergleichen mehr. Je tiefer man in die Sache eindringt, desto bedenklicher erscheint es Einem, so Verschiedenes über einen Leisten geschlagen zu sehen, und wenn man auch zugeben möchte, dass aus der bunten Mannigfaltigkeit der angeführten Thatsachen vielleicht doch einmal ein allgemeines Gesetz.

abstrahirt werden kann, so wird man doch den Weber'schen Satz vorerst gewiss nicht als einen wirklich begründeten ansehen dürfen.

Hätte sich aber auch dieser Satz ganz allgemein bestätigt, so stände es darum doch mit den Fechner'schen Sätzen vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung nicht besser. Denn der Satz, dass gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen, bliebe dennoch falsch, weil er weder aus dem Weber'schen Satze folgt, noch mit den Thatsachen in Einklang ist. Damit fällt aber zugleich das psychophysische Grundgesetz, nach welchem die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wachsen soll.

Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate.

Von dem w. M. **Alexander Rollett.**

III. Abtheilung.

(Mit 3 Tafeln.)

Mit Rücksicht auf die Thatsachen, welche ich über das Verhalten der Antagonisten an dem in aufrechter Lage fixirten Unterschenkel des Frosches bei allmälig gesteigerter Reizung des Hüftnerven ermittelte [1], habe ich am Ende des VIII. Abschnittes dieser Abhandlung zwei Fragen gestellt, deren Lösung für die Erklärung der beobachteten Erscheinungen von grosser Wichtigkeit ist.

1. Ob schwächere Reize anfänglich die Beuger allein erregen und die Strecker unerregt lassen?

2. Ob anwachsende Reize vorerst bei den Beugern eine grössere Summe der Kraft, welche eine bestimmte Muskelmasse zu entwickeln im Stande ist, auslösen als bei den Streckern?

Auf die Lösung dieser Fragen sind die Untersuchungen gerichtet, welche ich in den folgenden Abschnitten mittheilen werde.

IX. Myographische Studien an den Antagonisten des Unterschenkels.

Ich suchte die Motoren des Fusses nach vor- und aufwärts von den Motoren des Fusses nach rück- und abwärts [2] so zu

---

[1] I. u. II. Abtheilung dieser Abhandlung. Sitzb. Bd. LXX. 3. Abth. pag. 7 und Bd. LXXI, 3 Abth. pag. 33.

[2] Vergl. I. Abhandl. l. c. p. 21

isoliren, dass jede Gruppe an einem besonderen, dem anderen an Länge und allen übrigen Eigenschaften gleichen Hebel wirkend ihre Zuckungscurve gleichzeitig für jeden, den gemeinsamen Nervenstamm treffenden Reiz anschreiben könne.

Jede der beiden Muskelgruppen müsste dabei in einen bestimmten Grad von Spannung versetzt werden, die auf die Einheit des Querschnittes bezogene Kraft, mit welcher sich die elastischen Kräfte jeder Muskelgruppe zu Anfang im Gleichgewichte befinden, müsste für beide Muskelgruppen dieselbe sein.

Ich ging nun zunächst daran, zu prüfen, wie sich diese Forderungen mit dem von Marey [1] angegebenen Doppelmyographen erfüllen liessen.

Die Zusammenstellung des Versuches entsprach genau derjenigen, welche man aus Marey's Buch (Fig. 12 u. 13) entnehmen kann. Nur stellte ich die Spitzen der beiden Hebel nicht auf denselben Punkt der Trommel ein, sondern liess dieselben divergiren, so dass die Myogramme nicht ineinander, sondern übereinander fielen.

Der berusste Cylinder eines Foucault'schen Regulators diente und zwar auf der Axe von geringster Geschwindigkeit (die 1 Sec. entsprechende Abscisse 0·007 M. lang) zum Anschreiben der Zuckungscurven. Diese erhalten für jeden folgenden Reiz eine neue Abscissenaxe dadurch, dass der Myograph in geradliniger Richtung parallel der Cylinderaxe mit gleichmässiger Geschwindigkeit verschoben wird. Zu dem Ende befindet sich der Myograph auf einem als Wagen dienenden Uhrwerke (in meiner Fig. XX *W*, Taf. III dargestellt und wie alle bisher angeführten Apparate von Breguet angefertigt), welches auf einer Eisenbahn läuft.

Um den einzelnen Reizungen eine bestimmte Dauer und dem Intervalle zwischen zwei folgenden Reizungen eine bestimmte Grösse zu ertheilen, bediente ich mich einer Vorrichtung, deren ich schon früher Erwähnung gethan habe [2] und

---

[1] Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868, p. 255 u. d. folg. u. Fig. 77.

[2] L. c. I. Abth. p. 44.

welche ich als rotirender Schlüssel gleich später beschreiben werde.

Diese ersetzte mir den von Marey zu ähnlichen Zwecken[1] benützten Apparat, der mir zu wenig solid construirt erschien und zu unsichere Contacte bot.

Über den Foucault'schen Regulator, welchen ich benützte, habe ich nur zu bemerken, dass der Cylinder, wie Stimmgabelcurven zeigten, durch lange Zeit mit gleichbleibender Geschwindigkeit rotirte und dass immer erst dann, wenn diese Geschwindigkeit erreicht war, die Hebelspitze an die Schreibfläche angedrückt wurde, was bei der Marey'schen Einrichtung bekanntlich durch leichte Neigung der ganzen, den Frosch und die Schreibhebel tragenden Vorrichtung einfach geschehen kann.

Die horizontale Lagerung des Frosches, an welchem die Muskeln befestigt bleiben, macht eine rasche Präparation und eine möglichst schonende Blosslegung des Nerven und leichte Application der Electroden an denselben möglich.

Auch das Uhrwerk, welches zur Verschiebung des Wagens diente, auf dem der Myograph ruhte, hatte einen sehr gleichmässigen Gang, wie man sich durch Messung der Abstände einer Reihe von mittelst eines fixirten Hebels aufgeschriebenen Abscissen überzeugen konnte.

Was den erwähnten Schlüssel betrifft, so soll über dessen Verlässlichkeit noch später eine Bemerkung folgen.

Im Ganzen ergibt sich bei der Prüfung der verwendeten Apparate, dass sie völlig brauchbar und leicht zu handhaben sind für Versuche, wie die unserigen, bei welchen es zumeist nur auf die Registrirung von in bestimmten Perioden aufeinanderfolgenden und durch eine bestimmt kleine Zeit andauernden tetanischen Contractionen der Muskeln ankommt.

Ich habe viele solche Versuche mit dem Doppelmyographen angestellt und mögen die in Fig. VIII und IX, der Tafel II dargestellten Myogramme als Beispiele dafür dienen.

In diesen Figuren bedeuten die Ordinaten *B* und *St* die Lage der Spitzen der beiden Hebel und zwar ist mit *B* der

---

[1] „Pour produire l'imbrication latérale ou oblique des secousses musculaires". L. c. p. 323. Fig. 100.

Hebel der Beuger, mit *St* der Hebel der Strecker bezeichnet. Diese Ordinaten wurden zu Ende des Versuches bei arretirter Trommel, während geradliniger Bewegung des Myographen auf der Eisenbahn angeschrieben. Der Abstand von *B* und *St* auf einer Abscisse gemessen, ergibt die bei dem Versuch vorhandene horizontale, der Abstand zweier Abscissen derselben Ordnung jedes der übereinander liegenden Myogramme die verticale Verschiebung der Hebelspitzen gegen einander.

Die unter die Curven geschriebenen Ziffern bedeuten die Zahl der Reizung; und zwar ist jene mit 1 bezeichnet, bei welcher zuerst eine Zuckung in einer der beiden Muskelgruppen zu beobachten war.

Die Abstufung der Reize wurde in der in der I. und II. Abtheilung dieser Abhandlung beschriebenen Weise vorgenommen.

Die Electroden waren unpolarisirbare und an der früher bezeichneten Stelle also weit entfernt vom künstlichen Querschnitte des *N. ischiadicus* angelegt.

Die beiden Versuche entsprechen nachfolgenden Aufzeichnungen:

Versuch	Rheostat	Zahl der Reizung	Rheochord-schieber auf Centimeter
		1	17
		2	18
Fig. VIII	50	3	19
		4	20
		5	21
		1	14
		2	16
Fig. IX	100	3	18
		4	20
		5	22

Man ersieht daraus, dass in diesen Versuchen zu Anfang nur die Beuger zuckten, die Strecker aber nicht, und dass für anwachsende Reize dann zu einer stärkeren Beugung eine

schwache Streckung sich gesellte, dass aber darauf sehr bald die Zuckung der Strecker stärker zunahm als jene der Beuger.

Die Versuche gelangen aber nicht immer in dieser Weise. Es sind häufig schon bei der ersten eine Zuckung auslösenden Reizung beide Muskelgruppen gleichzeitig thätig und man erhält dann Bilder, von denen man eine Vorstellung gewinnt, wenn man in den Figuren VIII und IX die Zuckungen 1 und 2 oder 1, 2 und 3 ausfallen lässt, und den Beginn des Versuches nach 3 oder 4 verlegt. Hat ein Versuch aber in der zuletzt angeführten Weise seinen Anfang genommen, dann erfolgt niemals mehr eine Umkehrung der Erscheinungen, wie weit man die Reizstärke auch vergrössern mag.

Durch diese Erfolge, welche mit den früher von mir mitgetheilten Thatsachen in völliger Übereinstimmung sich befinden, aufgemuntert, hätte ich den grössten Aufwand von Zeit und Mühe nicht gescheut, den Gegenstand auf diese Weise und unter genauer Reduction der Myogramme mit Bezug auf die Hebelstellungen und Belastungen, weiter zu verfolgen, wenn ich nicht auf ein Verfahren geführt worden wäre, welches die Entscheidung unserer Frage viel unmittelbarer herbeiführt. Welches die Schwierigkeiten vermeidet, mit denen man bei der richtigen Orientirung des Froschpräparates auf dem Doppelmyographen, bei der Befestigung der zwei Muskelgruppen an den zwei übereinander befindlichen Hebeln, der so sehr schwierigen, richtigen Vertheilung der Spannung auf die dem Zug der Muskeln entgegenwirkenden elastischen Federn und einer passenden Einstellung der Hebelspitzen zu kämpfen hat. Es involviren diese Schwierigkeiten eine Menge von Fehlerquellen, welche oft eine grosse Abweichung der erhaltenen Myogramme von den oben beschriebenen Myogrammen bedingen können und über deren Prüfung man das Präparat leicht verlieren kann, ehe man an den Versuch kommt.

Hat man aber die Schwierigkeiten auch auf das Günstigste überwunden, so zeigen die erhaltenen Myogramme doch noch ein sehr verschiedenes Aussehen, wodurch die Schärfe der Ableitungen beeinträchtigt wird.

Man kommt zu viel besseren Resultaten, wenn man die antagonistischen Muskeln an ein und demselben Hebel gegen einander wirken lässt und den Erfolg der Gegenwirkung graphisch verzeichnet.

Man eliminirt auf diese Weise eine Reihe von Fehlerquellen, welche, wie ich eben erörterte, die Verknüpfung der Antagonisten mit getrennten Hebeln mit sich bringt und erhält der Hauptsache nach sehr constante und eindeutige Resultate.

Ich benützte zu solchen Versuchen einen kleinen Apparat welchen ich jetzt beschreiben werde.

1. Der Antagonistograph (Taf. III, Fig. XVIII, XIX, XX). — Nahe dem Rande eines viereckigen, an der oberen Seite mit Kork überzogenen Brettchens, Fig. XVIII *abc*, wie es auch Marey für seinen Myographen verwendet, ist die Messinggabel *def* befestigt, sie ist bestimmt, zwei gegenüber liegende Spitzen *gh* zu tragen, zwischen welchen das dünne und leichte Rad *i* aus Kammmasse, mit eingesetzten metallenem Spitzenlager *k* drehbar ist.

Dieses Rad ist an den gegenüberliegenden Enden eines Durchmessers, der 4·6 Mm. beträgt, in Verbindung mit den Fäden *m* und *m'*, welche an ihrem anderen Ende die zur Befestigung am Muskel dienenden Haken tragen. Einer dieser Haken ist in *l* dargestellt, und man sieht dort auch, dass das Fadenende nicht direct an den Haken angeschlungen ist, sondern es ist durch steife Plättchen *n*, *o* und *n'*, *o'* aus Kautschuk geführt und dann mit dem Siegellackknöpfchen *p*, *q* versehen. Dicht vor den Plättchen *n* und *n'* läuft die Fadenschlinge durch ein kleines Ringelchen, in welches die Haken für die Muskeln leicht ein- und ausgeschoben werden können.

Wie leicht ersichtlich ist, dient die Einrichtung an den Fäden dazu, um die Entfernung der Haken von dem Befestigungspunkte der Fäden am Rade leicht und in allen beliebigen Graden zu variiren.

Ehe ich nun die weitere Einrichtung des Apparates beschreibe, will ich gleich hier die Lagerung und Befestigung des Froschpräparates anführen.

Nachdem bei einem Frosch die Wirbelsäule nahe an ihrem unteren Ende durchschnitten und der Hüftnerv am Oberschenkel

blossgelegt ist, wird die Haut über dem Unterschenkel der Länge nach aufgeschnitten, die Achillessehne von der Plantaraponeurose getrennt und der Gastrocnemius isolirt. Darauf trennt man die Haut an der Grenze von Unterschenkel und Pfote vollständig quer durch, macht den Lappen bis zum Knie frei und enucleirt dann mittelst eines einzigen mit einem feinen Messer geführten Schnittes von hinten her den Unterschenkelknochen aus dem Fusswurzelgelenke[1], dann fasst man die Pfote, an welcher sich die Insertionen der Beuger befinden und löst mit völliger Schonung der letzteren die Muskeln vom Unterschenkelknochen los, indem man das Messerchen dicht an dem Knochen bis zum Ursprunge des *M. flexor tarsi* nach aufwärts schiebt. Schliesslich wird das so frei gelegte untere Ende des Unterschenkelknochens mit dem ihm eng anliegenden *Tibialis posticus* quer abgetrennt und auch die Pfote unterhalb der Fusswurzel quer abgeschnitten.

Der Frosch wird dann auf die Korkplatte des Antagonistographen gebracht und die Achillessehne mit dem einen, die Fusswurzel mit dem anderen, der beiden am Rade wirkenden Fäden verbunden.

Hat man dann den Frosch so gelagert, dass die Spitze des Winkels zwischen den an die Fäden befestigten Muskeln in der Richtung der Gabel *ef* dem Mittelpunkte des Rades gerade gegenüberliegt, so wird der Frosch mit Nadeln auf seiner Unterlage gut befestigt, insbesondere das Becken undder Oberschenkel der benützten Seite, so dass eine Verschiebung des Präparates in der Richtung der Diagonale der am Rade wirkenden Kräfte nicht vorkommen kann und nur das einseitige Überwiegen der Antagonisten das Rad in dem einen oder im entgegengesetzten Sinne zu drehen vermag.

Die Drehung des Rades wird mittelst des senkrecht auf die Richtung der Verbindungslinie der Befestigungspunkte der Fäden, an dem Rade angebrachten Rohrstäbchens *s* (Fig XVIII, XIX, XX), welches vorne eine Stahlspitze trägt auf dem rotirenden Cylinder *T* (Fig. XX) des Foucault'schen Regulators angeschrieben.

---

[1] Vergleiche I. Abtheil. pag. 23.

Um den an dem Antagonistographen befestigten Muskeln einen bestimmten Grad von Spannung zu ertheilen, brachte ich am vorderen oberen Ende der Gabel *def* (Fig. XVIII und XIX) die elastische Feder *v* an, welche aber nur als eine für diesen Zweck dienende Hilfsvorrichtung anzusehen ist und bei den Versuchen selbst, wie wir sehen werden, keine Gegenwirkung gegen die Muskeln auszuüben hat.

Diese Feder ist in einer engen Spalte der Gabel in verticaler Richtung drehbar, und kann in die kleine am Rade *i* befestigte Gabel *w* eingelegt (Fig. XVIII) oder aus derselben herausgeführt (Fig. XIX) werden.

Ich gehe nun von einem Gleichgewichtszustande der am Rade im Ruhezustande der Muskeln wirkenden Kräfte aus, bei welchem die Diagonale der Richtungen jener Kräfte mit der Richtung von *ef* (Fig. XVIII) zusammenfällt.

Bei dieser Art des Gleichgewichtes wird die Feder *v* aus der Gabel *w* heraus- und wieder in dieselbe hineingeführt werden können, ohne dass sich die Lage von *s* verändert.

Befinden sich dagegen die elastischen Kräfte der ruhenden Muskeln nicht in solchem Gleichgewichte, dann wird *s* beim Herausheben der Feder *v* im Sinne der einen oder der anderen Muskelgruppe abweichen. Dann dienen die Vorrichtungen *no* und *n'o'* an den Fäden um den geforderten Gleichgewichtszustand herzustellen.

Während dieser letzteren Operation wird die Feder *v* wieder in die Gabel *w* hineingeführt, um als Hemmung des Rades zu dienen. Ihre Elasticität erleichtert aber, da man die auszugleichende Beugung der Feder immer vor Augen hat, die Einstellung des Fadens.

Um aber auch bei den einzelnen Versuchen ein bestimmtes Mass für die den Muskeln ertheilte Spannung zu haben, brachte ich in dem Brettchen des Antagonistographen symmetrisch zu beiden Seiten konische Metallhülsen Fig. XVIII, *xy* an, in welche mittelst eines konischen Zapfens das Röllchen *z*. Fig. XVIII, eingesteckt und wieder daraus entfernt werden konnte.

Dieses Röllchen diente dazu, um einen der Fäden *m* oder *m'* über dasselbe zu führen und ein kleines Wageschälchen tragen zu lassen, wie in Fig. XVIII am Faden *m* ersichtlich ist.

Während nun an dem einen Faden die eine Gruppe der Muskeln in der früher angeführten Weise befestigt wurde, wirkte an dem anderen Faden eine bestimmte Belastung, mit welcher durch Handhabung der Feder *v* und der Spannungsvorrichtung an dem betreffenden Faden die elastischen Kräfte des am anderen Faden wirkenden Muskels so ins Gleichgewicht gesetzt werden konnten, dass wieder die Feder *v* aus der Gabel *w* herausgehoben und wieder hineingelegt werden konnte, ohne dass *s* seine Lage veränderte.

War das geschehen, dann wurde die Wageschale wieder entfernt, das Röllchen *z* ebenfalls entfernt, bei eingelegter Hemmung der Faden dieser Seite wieder mit den betreffenden Muskeln in Verbindung gebracht und dem Faden jene Länge ertheilt, welche nothwendig war, dass die Hebelspitze *s* beim Aus- und Einlegen der Feder *v* wieder unverändert in der alten Lage blieb, die sie auch beim Aus- und Einlegen der Feder *v* zu der Zeit einhielt, wo nur die eine Gruppe der Muskeln gegen die auf dem Wageschälchen befindliche Belastung wirkte.

Dann befinden sich die gegen einander wirkenden Muskeln im ruhenden Zustande in einem Gleichgewichte, bei welchem ihre Spannung ausgedrückt werden kann durch das Gewicht, für welches man die Einstellung vorgenommen hat.

Die Dehnung, welche dabei die auf der einen und die auf der anderen Seite wirkenden Muskeln erleiden, wird für beide von ihrer Länge und ihrem Querschnitte abhängig sein.

Ich stellte bei den später mitzutheilenden Versuchen immer ein auf 2—5 Grm. Belastung, also auf Gewichte, welche die Antagonisten im leicht gespannten Zustande erhielten.

Da aber, wie wir sehen werden, die Strecker an Querschnitt den Beugern beträchtlich überlegen sind, so befanden sich die letzteren immer in einem etwas höheren Grade der Dehnung als die ersteren.

Die Feder *v* war während der Versuche in der Lage Fig. XIX, so dass also die thätigen Muskeln nur gegen einander und nicht auch gegen die Feder wirkten.

Ich glaube nun alles für das Verständniss der Befestigung des Präparates Nothwendige angeführt zu haben und werde erst nach der Mittheilung der Versuche die mechanische Betrachtung

der Gegenwirkung der Muskeln an unserem Apparate wieder aufnehmen.

Hier muss ich aber vorerst noch den Apparat beschreiben, welcher mir diente, um Dauer und Intervall der einzelnen Reizungen zu begrenzen.

2. Der rotirende Schlüssel. — Diese Vorrichtung lässt einen vielfacheren Gebrauch zu, als der ist, welchen wir später davon machen werden.

Ich habe den rotirenden Schlüssel in der That auch schon bei einer früheren Versuchsreihe[1] in ganz anderer Weise benützt und muss ihn darum mit Rücksicht auf alle seine verschiedenen Gebrauchsweisen erklären.

In einer dicken Platte *abc* Fig. XX aus Kammmasse befinden sich 4 oblonge Tröge *defg*, bestimmt zur Aufnahme von Quecksilber und je einer schmalen Seite jedes Troges gegenüber ist in leitender Verbindung mit dem Quecksilber eine Klemme (*h*, *i*, *k*, *l*, *m*) auf der Platte angebracht. Auf derselben Platte sitzt die drehbare Schraube *n*, welche die mittelst der Führungen *o*, *p* in geradlinigem Auf- und Niedergang erhaltene Gabel *qrs* trägt. Durch die Enden der Gabel *qs* laufen die mit Spitzen versehenen Schrauben *tu*, welche mittelst Gegenmuttern festgestellt werden können und die die Räder *vwxy* tragende Axe zwischen sich fassen.

Diese Axe ist aus Kammmasse mit aufgesetzten Stahlenden bestehend und trägt in ihrer Mitte eine Stufenscheibe *z*, welche von der am Regulatorcylinder befindlichen Stufenscheibe aus angetrieben werden kann.

Ausserdem befanden sich auf dieser Axe jederseits von der Stufenscheibe die mit *vwxy* bezeichneten Platinräder, und zwar je ein volles Rad *w* und *x*, welches in den Napf *e* und in den Napf *f* eintaucht. Jedes dieser Räder steht mit zwei nach Aussen auf der betreffenden Axenhälfte sitzenden Halbrädern zwei an Zahl bei *v* und zwei an Zahl bei *y* in metallischer Verbindung.

Das äussere dieser Halbräder ist mit dem betreffenden vollen Rade unverrückbar fest verbunden und mittelst der verbindenden Hülse auf der isolirenden Axe drehbar.

---

[1] Vergleiche I. Abtheilung dieser Abhandlung p. 45—47.

Das zweite jederseits angebrachte Halbrad dagegen ist seinerseits wieder drehbar auf der metallischen Hülse, welche das volle Rad und das andere Halbrad fest verbindet.

Das eine der beschriebenen Halbräder-Paare taucht in den Napf *d*, das andere in den Napf *g* ein.

Die Schraube *n* dient dazu, um die Ränder der Räder auf die Quecksilberkuppen in den Näpfen einzustellen.

a) Ich habe nun den Schlüssel einmal so gebraucht, dass gleichzeitig die eine Hälfte des Schlüssels als Nebenschliessung zur Hauptrolle, die andere Hälfte aber als Nebenschliessung zur secundären Rolle eingeschaltet wurde.

Stellt man dabei die zwei Halbräder einer Seite so ein, dass sie sich völlig decken, also so verhalten, als ob nur ein Halbrad jederseits vorhanden wäre und dreht man dann die eine der Hülsen auf der isolirenden Axe so, dass die Durchmesser, in welchen die Räder der beiden Seiten gehälftet sind, senkrecht auf einander stehen, so wird, wie man sich leicht vergegenwärtigen kann, bei der Drehung der Axe in dem Momente, wo die Nebenschliessung zur Hauptrolle sich öffnet, also ein Schliessungsschlag erfolgt, die Nebenschliessung zur secundären Rolle entweder geöffnet oder geschlossen sein; im ersteren Falle ist sie dann geschlossen, wenn die Nebenschliessung zur Hauptrolle sich wieder schliesst, also der Öffnungsschlag erfolgt im zweiten Falle, dagegen ist die Nebenschliessung zur secundären Rolle geöffnet, wenn der Öffnungsschlag erfolgt.

Durch Drehung der Hälfte um 180° lässt sich leicht der eine oder der andere Fall herstellen.

Man kann so eine Reihe von Schliessungsschlägen in bestimmten Intervallen folgen lassen und die Öffnungsschläge abblenden oder umgekehrt.

b) Benützt man nur eine Hälfte des Schlüssels als Nebenschliessung zur Hauptrolle, während die Halbräder dieser Seite sich decken, so erhält man, wie das in Fig. XIII und XIV Tafel III der ersten Abtheilung dieser Abhandlung (p. 45 u. d. F.) der Fall ist, alternirend durch bestimmte Intervalle getrennt einen Schliessungsschlag, dann einen Öffnungsschlag, wieder einen Schliessungsschlag u. s. w.; zu

welchem Zwecke ich jene Versuche anstellte, bitte ich am angeführten Orte nachzusehen.

c) Benützt man nur eine Hälfte des Schlüssels als Nebenschliessung zur secundären Rolle eines mit Hammerunterbrechung versehenen Reizapparates, so kann man dadurch, dass man durch Drehung des beweglichen Halbrades dieser Seite einen beliebigen Sector zwischen den beiden Halbrädern derselben Seite leer lässt, wie bei *v*, Fig. XX, die Dauer und das Intervall der tetanischen Reizung zwischen einer der Zeit einer halben Umdrehung entsprechenden Dauer und einer beliebig kleinen Dauer variiren.

In der letzteren Weise angewendet, hat der Schlüssel bei den Versuchen mit dem Antagonistographen gedient und sind in Fig. XX die Drähte, welche von der Nebenrolle herkommen, mit *DD'* bezeichnet, die Drähte, welche vom Schlüssel zu den Electroden gehen mit *EE'* bezeichnet.

Ich muss nun noch über den Contact zwischen den Platinrädern und Quecksilberkuppen bemerken, dass ich der Reinlichkeit halber bei diesem geblieben bin, nachdem mich die erhaltenen Myogramme, wie das auch für den Leser bei der Betrachtung der hier beigegebenen Tafel I und II ersichtlich sein wird, über die Zuverlässigkeit jenes Contactes, bei den Rotationsgeschwindigkeiten, bei welchen ich arbeitete, vollkommen beruhigt hatten. Mit der myographischen Methode selbst erscheint der Schlüssel auch auf seine Brauchbarkeit als gutleitende Nebenschliessung geprüft.

Man könnte aber anstatt der Platinräder auch amalgamirte Kupferräder verwenden, wie ich das in der That bei den früher unter *b* angeführten Versuchen der ersten Abtheilung noch gethan habe.

Dabei muss aber das Quecksilber oft erneut werden, wenn man nicht viel schlechtere Resultate erzielen will, als mit den Platinrädern, deren ich mich aus den oben angeführten Gründen später ausschliesslich bediente[1].

---

[1] Ausgeführt wurde der Schlüssel nach meinen Angaben von Meyer und Wolf in Wien; er musste aber in meinem Institute einer sehr gründlichen Überarbeitung unterzogen werden, ehe er seinen Zwecken entsprach.

3. Die Electroden. — Ich habe mich bei den Versuchen, die ich hier mittheile, wieder etwas modificirter unpolarisirbarer Electroden bedient.

Hervorgegangen sind dieselben aus einer Abänderung der von Hermann[1] beschriebenen.

Da ich glaube, dass auch andere Untersucher die neue Form sehr brauchbar finden werden, will ich deren Herstellung hier kurz anführen.

Ein Glasröhrchen Fig. XXI *ab* von 3 Mm. innerem Durchmesser wird an dem einen Ende ausgezogen und so zugeschmolzen, dass sich am Ende ein kleines nach einer Seite hin aufgebogenes Knötchen, Fig. XXI *b*, bildet. Dann schleife ich das Röhrchen mittelst eines feinen Schmirgelrades dicht neben dem Knötchen seitlich auf.

In dieses Glasröhrchen treibe ich dann mittelst einer kleinen Spritze mit concentrirter Zinkvitriollösung abgekneteten Modellirthon, bis derselbe das Röhrchen vollständig ausfüllt, dann wird durch die Masse des Thones ein amalgamirter Zinkdraht bis nahe der vorderen Öffnung vorgeschoben. Der Thon, welcher hiebei vorne austritt, wird dann entfernt und ebenso aller Thon aus jenem Theile des Röhrchens herausgekratzt, welcher seitlich aufgeschliffen ist; nachdem noch das ganze vordere Ende sorgfältig gereinigt wurde, wird nun mit $^1/_2$ Percent. Kochsalzlösung. abgekneteter Thon in diesen vorderen Theil des Röhrchens hinein gestrichen und so weit hervorstehen gelassen als nothwendig ist, um den Nerven in eine kleine Rinne des Thonpfropfes hineinlegen zu können. Natürlich muss dafür gesorgt sein, dass der Zinkdraht nicht die Grenze des Zinkthons überschreitet, sondern in einer entsprechenden Entfernung von derselben endigt, was bei gehöriger Abpassung der Länge des Drahtes und Anbringung einer kleinen Marke an demselben immer leicht zu erreichen ist.

Zwei also hergerichtete Röhrchen mache ich nahe ihrem hinteren Ende in einer bestimmten Entfernung von einander auf einer kleinen Korkplatte fest und bringe sie mittelst einer

[1] Pflüger's Archiv, Bd. IV, p. 211.

durch den Kork geführten Nadel auf dem Brettchen des Antagonistographen in eine solche Lage, dass, wie in den früheren Versuchen (Abtheilung II, Abschnitt V, VI, VII), eine etwa 3 Mm. betragende Strecke des Hüftnerven auf dem unter den Nerven eingeschobenen vorderen Ende der Electroden liegt. Auch hier habe ich das über den Electroden liegende Nervenstück durch eine feuchte Kammer geschützt, wie ich sie in der zweiten Abtheilung (p. 34) beschrieben habe.

4. Die Versuche mit dem Antagonistographen. — Die Anordnung des Reizapparates war dieselbe, wie bei allen früheren Versuchen (vergl. Tafel II, Fig. VIII der I. Abtheil.) und ebenso verfuhr ich bei der Aufsuchung der Reizstärken ganz ähnlich wie früher. Es ist das Aufsuchen des geringsten Reizes, welcher die erste wahrnehmbare Wirkung hervorbringt, der schwierigste Punkt bei den Versuchen und erfordert die allergrösste Vorsicht.

Darum muss ich hier für die Versuche mit dem Antagonistographen noch einige genauere Angaben machen.

Zunächst wird, wenn Alles für den Beginn eines Versuches vorbereitet ist, der Antagonistograph sammt dem darauf befindlichen Frosch mittelst des Hebels *H* Fig. XX (s. Marey l. c. p. 239) schwach nach hinten geneigt, so dass die Spitze nicht an den Cylinder gedrückt ist. Dann wird, während beide Uhrwerke, sowohl das des Regulators, als auch das des Antagonistographen arretirt bleiben, dem rotirenden Schlüssel eine Stellung gegeben, bei welcher keines der Halbräder ins Quecksilber taucht, sondern der leere Sector zwischen den Rädern sich über demselben befindet.

In dieser Stellung wirkt der rotirende Schlüssel nicht als Nebenschliessung. Dafür wird aber ein als zweite Nebenschliessung in den secundären Kreis eingeschalteter du Bois'scher Schlüssel, Fig. XX *S*, geschlossen.

Ist dann der Inductionsapparat im Gange, so wird unter Handhabung des letzteren Schlüssels durch vorsichtiges Verschieben des Rheochordschiebers von Null nach aufwärts jene Reizstärke aufgesucht, bei welcher die erste wahrnehmbare Bewegung der Spitze *s* auftritt.

Hat man diese gefunden, dann werden beide Uhrwerke ausgelöst. Der rotirende Schlüssel fällt sofort als Nebenschliessung ein. Es wird nun mittelst des Hebels *H* die Spitze an den Cylinder gedrückt, der Schlüssel *S* dauernd geöffnet und nun erfolgt, wenn der offene Sector des rotirenden Schlüssels durch das Quecksilber geht, die erste Zuckung nach einer ganzen Umdrehung, deren Dauer benützt wird, um den Rheochordschieber höher einzustellen, die zweite u. s. f.

Von den auf diese Weise erhaltenen Myogrammen habe ich in den Fig. I, II, III, IV, V, VI und VII der Tafel I und in den Fig. XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, und XVII der Tafel II soviel als es eben anging wiedergegeben.

Die an der rechten Seite der Myogramme stehenden Bezeichnungen *B* und *St* zeigen an, im Sinne welcher Muskelgruppe die nach aufwärts und die nach abwärts angeschriebenen Zuckungen erfolgt sind. *St* unten bedeutet die abwärts gerichtete Zuckung, erfolgt im Sinne der Strecker. *B* oben bedeutet die aufwärts gerichtete Zuckung, erfolgt im Sinne der Beuger. Die umgekehrte Stellung der Zeichen bedeutet den umgekehrten Fall.

Sämmtliche Myogramme sind von rechts nach links zu lesen.

Die Beugungen nach unten, die Streckungen nach oben geschrieben bedeutet, dass ein rechtes Bein zu dem Versuche diente, umgekehrt bedeuten die Beugungen nach oben, die Streckungen nach unten ein linkes Bein, was ohne Weiteres klar wird, wenn man sich die Orientirung des Frosches auf dem Antagonistographen vergegenwärtigt.

Ich werde nun zuerst die den verzeichneten Myogrammen entsprechenden Versuche in einer ähnlichen Tabelle zusammenstellen, wie die am herabhängenden Beine angestellten.

Tabelle XI

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn mehrere an deren demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur I		50	10·5	1	Schwache Beugung.
			11·5	2	Beugung stärker.
			12·5	3	Beugung stärker
			13·5	4	Beugung stärker
			14·5	5	Streckung.
			15·5	6	Streckung.
			16·5	7	Streckung.
			17·5	8	Streckung.
			18·5	9	Streckung.
Figur II		50	28	1	Beugung.
			29	2	Stärkere Beugung.
			30	3	Stärkere Beugung.
			31	4	Stärkere Beugung.
			32	5	Stärkere Beugung.
			33	6	Kampf.
			34	7	Streckung.
			35	8	Stärkere Streckung.
			36	9	Stärkere Streckung.
			37	10	Streckung.
Figur III		100	21	1	Beugung.
			22	2	Stärkere Beugung.
			23	3	Stärkere Beugung.
			24	4	Stärkere Beugung.
			25	5	Stärkere Beugung.
			26	6	Stärkere Beugung.
			27	7	Kampf.
			28	8	Kampf.
			29	9	Streckung.
			30	10	Stärkere Streckung.
			31	11	Stärkere Streckung.
			32	12	Stärkere Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur IV		100	21	1	Schwache Beugung.
			22	2	Stärkere Beugung.
			23	3	Stärkere Beugung.
			24	4	Stärkere Beugung.
			25	5	Stärkere Beugung.
			26	6	Beginnender Kampf.
			27	7	Kampf.
			28	8	Anfangs starke Streckzuckung, dann schwache Streckung.
			29	9	Streckung.
			30	10	Stärkere Streckung.
			31	11	Stärkere Streckung.
			32	12	Stärkere Streckung.
			33	13	Stärkere Streckung.
Figur V	*a*	100	22	1	Schwache Beugung.
			23	2	Stärkere Beugung.
			24	3	Kampf mit Überwiegen der Streckung.
			25	4	Streckung.
	b	100	20	1	Schwache Beugung.
			21	2	Kampf.
			22	3	Streckung.
	c	100	20	1	Kampf.
			21	2	Streckung.
Figur VI	*a*	100	25	1	Beugung.
			26	2	Stärkere Beugung.
			27	3	Streckung.
	b	100	23	1	Beugung schwach.
			24	2	Kampf mit Überwiegen der Streckung.
	c	100	20	1	Kaum merkliche Beugung.
			21	2	Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur VII	*a*	100	16	1	Beugung.
			17	2	Starke Beugung.
			18	3	Kampf.
			19	4	Streckung.
			20	5	Stärkere Streckung.
	b	100	15	1	Beugung.
			16	2	Stärkere Beugung.
			17	3	Stärkere Beugung.
			18	4	Kampf.
			19	5	Streckung.
			20	6	Stärkere Streckung.
	c	100	15	1	Beugung.
			16	2	Stärkere Beugung.
			17	3	Kampf.
			18	4	Kampf.
			19	5	Streckung.
			20	6	Streckung.
	d	100	16	1	Schwache Beugung.
			17	2	Stärkere Beugung.
			18	3	Stärkere Beugung.
			19	4	Kampf.
			20	5	Streckung.
			21	6	Streckung.
Figur XI		100	18	1	Schwache Beugung.
			19	2	Streckung.
Figur XII		100	21	1	Schwache Beugung.
			22	2	Streckung.
Figur XIII		100	23	1	Schwache Beugung.
			24	2	Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur XIV		100	24	1	Beugung.
			25	2	Streckung.
Figur XV	*a*	100	19	1	Beugung.
			20	2	Stärkere Beugung.
			21	3	Kampf.
			22	4	Streckung mit Kampf.
	b		20	1	Sehr schwache Beugung.
			21	2	Beugung.
			22	3	Kampf.
			23	4	Streckung.
	c		19	1	Sehr schwache Beugung.
			20	2	Sehr schwache Beugung.
			21	3	Beugung.
			22	4	Kampf mit überwiegender Beugung.
			23	5	Kampf mit überwiegender Streckung.
			24	6	Streckung.
	d		22	1	Kaum merkliche Beugung.
			23	2	Schwache Beugung.
			24	3	Streckung.
			25	4	Stärkere Streckung.
Figur XVI	*a*	100	21	1	Schwache Beugung.
			22	2	Beugung.
			23	3	Stärkere Beugung.
			24	4	Kampf mit überwiegender Beugung.
			25	5	Kampf mit überwiegender Streckung.

Tabelle XI

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur I		50	10·5	1	Schwache Beugung.
			11·5	2	Beugung stärker.
			12·5	3	Beugung stärker
			13·5	4	Beugung stärker
			14·5	5	Streckung.
			15·5	6	Streckung.
			16·5	7	Streckung.
			17·5	8	Streckung.
			18·5	9	Streckung.
Figur II		50	28	1	Beugung.
			29	2	Stärkere Beugung.
			30	3	Stärkere Beugung.
			31	4	Stärkere Beugung.
			32	5	Stärkere Beugung.
			33	6	Kampf.
			34	7	Streckung.
			35	8	Stärkere Streckung.
			36	9	Stärkere Streckung.
			37	10	Streckung.
Figur III		100	21	1	Beugung.
			22	2	Stärkere Beugung.
			23	3	Stärkere Beugung.
			24	4	Stärkere Beugung.
			25	5	Stärkere Beugung.
			26	6	Stärkere Bengung.
			27	7	Kampf.
			28	8	Kampf.
			29	9	Streckung.
			30	10	Stärkere Streckung.
			31	11	Stärkere Streckung.
			32	12	Stärkere Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur IV		100	21	1	Schwache Beugung.
			22	2	Stärkere Beugung.
			23	3	Stärkere Beugung.
			24	4	Stärkere Beugung.
			25	5	Stärkere Beugung.
			26	6	Beginnender Kampf.
			27	7	Kampf.
			28	8	Anfangs starke Streckzuckung, dann schwache Streckung.
			29	9	Streckung.
			30	10	Stärkere Streckung.
			31	11	Stärkere Streckung.
			32	12	Stärkere Streckung.
			33	13	Stärkere Streckung.
Figur V	*a*	100	22	1	Schwache Beugung.
			23	2	Stärkere Beugung.
			24	3	Kampf mit Überwiegen der Streckung.
			25	4	Streckung.
	b	100	20	1	Schwache Beugung.
			21	2	Kampf.
			22	3	Streckung.
	c	100	20	1	Kampf.
			21	2	Streckung.
Figur VI	*a*	100	25	1	Beugung.
			26	2	Stärkere Beugung.
			27	3	Streckung.
	b	100	23	1	Beugung schwach.
			24	2	Kampf mit Überwiegen der Streckung.
	c	100	20	1	Kaum merkliche Beugung.
			21	2	Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn deren mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur XVI	*b*	100	21	1	
			22	2	
			22	3	
			22	4	
			22	5	
			22	6	
			22	7	
			22	8	
			22	9	
			22	10	
			22	11	
			22	12	
			22	13	
			22	14	
			22	15	Beugungen.
	c	100	23	1	
			23	2	
			23	3	
			23	4	
			24	5	
			24	6	
			24	7	
			24	8	
			25	9	
			25	10	
			26	11	
			26	12	
			27	13	Streckungen.
			27	14	
	d	100	24	1	Beugung.
			27	2	Streckung.
			24	3	Beugung.
			27	4	Streckung.
			24	5	Beugung.
			27	6	Streckung.

Bezeichnung der einem bestimmten Froschschenkel entsprechenden Myogramme in den Tafeln	Bezeichnung der Versuche, wenn mehrere an demselben Schenkel angestellt wurden	Rheostat	Rheochordschieber auf Centimeter	Nummer der Zuckung in den Taf.	Erfolg
Figur XVII		100	15	1	Beugungen.
			15	2	
			15	3	
			15	4	
			15	5	
			15	6	
			15	7	
			15	8	
			15	9	
			15	10	
			15	11	Kampf.
			15	12	
			15	13	
			15	14	
			15	15	Streckungen.
			15	16	
			15	17	Kampf.
			15	18	Streckungen.
			15	19	

Ehe ich nun auf die genauere Betrachtung der eben mitgetheilten Versuche eingehe, will ich den Fall der Gegenwirkung der Muskeln am Antagonistographen ganz allgemein betrachten.

Zu dem Ende denke man sich zwei im unbelasteten Zustande an Länge gleiche Muskeln *ac* und *bc*, Fig. *A* [1], von welchen aber *bc* einen um ein Vielfaches grösseren Querschnitt besitzt.

Beide Muskeln hätten in *c* einen festen Punkt und an je ihrem anderen Ende wirke das gleiche Gewicht *G*, so wird *ac* zur Länge *cd* gedehnt werden, *bc* dagegen wegen des grösseren Querschnittes nur zur Länge *ce*.

Denke ich mir nun *d* und *e* in fixe Punkte verwandelt, *c* dagegen beweglich, so wird *c*, da zwischen *cd* und *ce* Gleich-

[1] S. d. folgende Seite.

Bei anwachsender Stärke des den gemeinsamen Nervenstamm treffenden Reizes schreibt der Antagonistographenhebel anfangs im Sinne der Beuger, dann folgen meistens eine oder mehrere Tetanuscurven, die sich aus Stücken zusammensetzen, welche zum Theile im Sinne der Beuger, zum Theile im Sinne der Strecker ober- oder unterhalb der betreffenden Abscisse liegen (Kampf), und erst von einer gewissen Reizstärke an tritt der Fall ein, dass im Sinne der Strecker geschrieben wird.

Ich glaube nun, dass unter den Bedingungen unserer Versuche für diesen Verlauf der Erscheinungen wohl keine andere Annahme übrig bleibt, als dass schwache Reize in jedem Massenelement der Beuger eine grössere Summe lebendiger Kraft auslösen, als in jedem Massenelement der Strecker, und dass bei zunehmender Reizstärke das Maximum der lebendigen Kraft bei den Beugern früher erreicht wird als bei den Streckern.

Unsere bisherigen Erfahrungen und die Mittel, zu solchen zu gelangen, erlauben uns noch keine bestimmte Aussage über die Grösse der jeweiligen Differenz.

Es stellen sich uns unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, wenn wir versuchen, zu bestimmen, bei welcher Reizstärke die Energie des thätigen Zustandes in der einen oder der anderen der erwähnten Muskelgruppen eben den Werth von 0 überschreitet und ebenso, wenn wir versuchen wollten, zu ermitteln, nach welchem Gesetze in jeder der erwähnten Muskelgruppen die Energie des thätigen Zustandes mit der Grösse der Reize zunimmt.

Im Allgemeinen werden wir aber nach unseren bisherigen Erfahrungen nur zwei Annahmen darüber machen können. Dass entweder mit wachsender Reizgrösse die Energie des thätigen Zustandes mit abnehmender Geschwindigkeit zunehme, oder dass sie mit gleichbleibender Geschwindigkeit bis zu einer gewissen Grenze zunehme, und dann bei weiterer Steigerung der Reizgrösse constant bleibe.

In beiden Fällen wird aber unter unserer obigen Voraussetzung die Umkehr der Erscheinungen zu beobachten sein, welche in unseren Myogrammen zu Tage tritt, da für die anfänglich überwiegenden Beuger schon ein Maximum des thätigen Zustandes gegeben sein wird bei einer Reizstärke, über welche

hinaus die Strecker noch immer einen beträchtlichen Zuwachs der Thätigkeit erfahren, was ihnen ein um so grösseres Übergewicht über die Beuger verleihen wird, als sie die letzteren auch an Masse übertreffen.

2. Als Kampf zwischen den Beugern und Streckern haben wir jene Erscheinung bezeichnet, bei welcher der Hebel des Antagonistographen zum Theile im Sinne der Beuger, zum Theile im Sinne der Strecker, also nach beiden Seiten der betreffenden Abscisse sich bewegte, wie in Fig. II 6, in Fig. III 7, 8, Fig. IV 6, 7 u. s. w.

Wir thaten das nach der Analogie unseres Vorganges bei der Beschreibung der Erscheinungen am hängenden Beine (vergleiche I. und II. Abth.).

Es bedarf aber dieser Punkt einer Erläuterung, denn eigentlich ist in jedem Falle, die ersten Beugungen in einzelnen Versuchen ausgenommen, die Lage des Hebels während der Reizung eine Resultante der Gegenwirkung der gleichzeitig thätigen Muskeln und wir könnten darum immer von einem Kampfe der Beuger und Strecker sprechen, wir wollten aber mit jenem Ausdrucke nur eine Bezeichnung für den äusseren Verlauf unserer Erscheinungen gewinnen und in diesem Sinne haben wir jede einseitige Excursion des Hebels entweder eine Beugung oder eine Streckung und nur das Hin- und Hergehen zwischen beiden Lagen einen Kampf genannt.

Es kommen aber unter den Curven unserer Myogramme auch solche vor, wo bei Behauptung der einen oder der anderen Lage sich noch unverkennbar ein ähnliches Spiel der gegenwirkenden Muskeln ausspricht, wie in jenen Fällen, wo wir die Bezeichnung Kampf wählten, wie in Fig. III 9, 10, in Fig. IV 8, 9 u. m. A.

Es ist aber fraglich, ob alle Zacken, welche in unseren Curven zu beobachten sind, eine solche Erklärung zulassen, da es bekannt ist, dass auch in den Tetanuscurven frei gegen den Myographenhebel wirkender Muskeln solche Zacken sich vorfinden.

Man hat sich zwar jeden Tetanus nur als discontinuirlichen Vorgang vorzustellen, nichtsdestoweniger wurde je nach der mehr oder weniger vollkommenen Verschmelzung der Einzeln-

zuckungen im Tetanus ein vollkommener und unvollkommener Tetanus von einander unterschieden, und für die Erregung mittelst des Inductionsstromes suchte man die Vollkommenheit des Tetanus als eine Function der Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Stromunterbrechungen darzustellen.[1]

Dabei wurden bei verschiedenen Thieren und an verschiedenen Muskeln verschiedene Resultate erhalten.

Mit Bezug auf diese Thatsachen kann ich aber hier einige Beobachtungen nicht unerwähnt lassen, welche ich gelegentlich meiner Versuche an den Antagonisten des Unterschenkels machte.

Wenn ich immer genau mit derselben Unterbrechungszahl arbeitete, fand ich bei gleichzeitiger Erregung des gemeinsamen Nervenstammes nicht immer dasselbe Verhalten beider Muskelgruppen, sondern zumeist zeigten die Beuger ein anderes Verhalten als die Strecker.

Während nämlich die ersteren einen vollkommenen Tetanus anschrieben, war der Tetanus der letzteren noch unterbrochen, und zwar zeigte es sich, dass bei gleicher Unterbrechungszahl mit wachsender Stromstärke bei den Beugern Fig. X obere Reihe 1, 2, 3, 4, 5 vom Anfange an ein vollkommener Tetanus vorhanden war, während der gleichzeitige Tetanus der Strecker Fig. X untere Reihe 1, 2, 3, 4, 5 anfangs unvollkommen war und erst bei Steigerung der Stromstärke vollkommen wurde.

Es liess sich aber diese Thatsache nicht ausnahmslos nachweisen und müssten die Versuche noch vervielfältigt werden.

So viel geht aber aus einer ganzen Reihe von Versuchen, welche mit dem in Fig. X mitgetheilten übereinstimmen, hervor, dass die Vollkommenheit des Tetanus nicht blos eine Function der Unterbrechungszahl und des individuellen Zustandes des untersuchten Muskels, sondern auch der Stromstärke ist.

Untersuchungen über die Vollkommenheit oder Unvollkommenheit des Tetanus würden also erst dann von Werth sein, wenn unter sonst gleichen Verhältnissen für jede Unterbrechungszahl auch die Stromstärke variirt würde.[2]

---

[1] Vergl. Marey l. c. p. 373 u. d. F.

[2] Vergleiche auch Heidenhain: Studien des physiologischen Institutes zu Breslau, I. Heft. Leipzig 1861, p. 64 u. d. f.

Ich will auf die Thatsache des verschiedenen Verhaltens verschiedener Muskeln desselben Thieres in der eben genannten Beziehung, für welche Fig. X ein sehr gutes Beispiel abgibt, hier nur aufmerksam gemacht haben. In Fig. X sind die gleich bezeichneten Curven bei derselben den *N. ischiadicus* treffenden Reizstärke genau gleichzeitig, und zwar jede immer über derselben Abscisse angeschrieben.

3. Ich muss nunmehr eine Erscheinung besprechen, welche die grösste Schwierigkeit bedingt, mit welcher man bei den früher mitgetheilten Versuchen zu kämpfen hat.

Es ist das der Wechsel der Erregbarkeit, welcher sich oft sehr rasch an einem und demselben Präparate vollzieht und dessen ich bei den Versuchen am hängenden Beine auch schon gedacht habe (II. Abth. dieser Abhandlung).

Wir sehen dort, dass die Stromstärke, bei welcher die erste wahrnehmbare Wirkung auftrat, für einen nachfolgenden Versuch an demselben Präparate manchmal die gleiche blieb, bald aber lag sie höher, bald tiefer.

Wenn wir diese Stromstärke wieder als Mass der Erregbarkeit ansehen und die in unseren Tafeln enthaltenen Myogramme durchmustern, finden wir nach den in der Tabelle XI enthaltenen Aufzeichnungen denselben Wechsel der Erregbarkeit auch bei den neuen Versuchen vor.

So erfolgt eine Zunahme in Fig. V von *a* zu *b*, Fig. VI von *a* zu *b* und *b* zu *c*, Fig. VII von *a* zu *b*, Fig. XV von *b* zu *c*; ein Gleichbleiben in Fig. V von *b* zu *c*, Fig. XVII von *b* zu *c*; eine Abnahme in Fig. VII von *c* zu *d* und Fig. XV von *a* zu *b* und *c* zu *d*.

Den eben genannten Myogrammen ist ferner zu entnehmen, dass im Allgemeinen die Beugungen in den späteren Versuchen an demselben Präparate ihr anfängliches Übergewicht über die Streckungen verlieren.

Trotz dieser Thatsache und der zwischen Beugern und Streckern vorhandenen Differenz erfolgen anfänglich die Schwankungen der Erregbarkeit für beide Muskelgruppen in gleichem Sinne, aber nicht in gleichem Masse.

Leider lässt sich kein Verfahren ersinnen, welches gestatten würde, alle Bedingungen und das Gesetz dieser Schwankungen für die einzelnen Versuche an beiden Muskelgruppen in ver-

gleichbarer Weise genau festzustellen, wir sind vielmehr nur auf die Hinweise beschränkt, welche unsere Myogramme bei der unmittelbaren Vergleichung ergeben.

So müssen wir für Fig. V annehmen, dass von *a* zu *b* die Erregbarkeit der Beuger für die Erregung vom Nerven aus weniger zugenommen hat, als jene der Strecker. Fig. V*c* kann eben so gut erklärt werden, wenn man sich vorstellt, dass von *b* zu *c* die Erregbarkeit der Beuger (wieder für die Erregung vom Nerven aus) ab-, als wenn man sich vorstellt, dass die Erregbarkeit der Strecker für die Erregung vom Nerven aus ein wenig zugenommen hat.

In Fig. VI nimmt von *a* zu *b* und von *b* zu *c* die Erregbarkeit der Strecker mehr zu als jene der Beuger.

In Fig. VII nimmt zwischen *a* und *b* die Erregbarkeit der Beuger mehr zu, als jene der Strecker. Zwischen *b* und *c* nimmt die Erregbarkeit der Beuger ab. Zwischen *c* und *d* nimmt die Erregbarkeit beider Muskelgruppen ab.

In Fig. XV nimmt von *a* zu *b* die Erregbarkeit der Beuger und der Strecker ab. Von *b* zu *c* nimmt die Erregbarkeit der Beuger mehr zu, als jene der Strecker. Von *c* zu *d* nimmt die Erregbarkeit der Beuger sehr beträchtlich, jene der Strecker weniger beträchtlich ab.

Ich werde an einem späteren Orte Gelegenheit nehmen, einige Vermuthungen zu prüfen, welche man über die eben berührten Verhältnisse aufstellen kann.

Vorläufig möchte ich nur anführen, dass die anfängliche Gleichsinnigkeit der Schwankungen auf Veränderungen hinweisen, welche im Nervenstamme vor sich gehen, während Veränderungen, welche die Muskeln betreffen (Ermüdung), oder Veränderungen, die in der Übertragung der Erregung vom Nerv zum Muskel eintreten, die Ursache dafür zu sein scheinen, dass das anfängliche Überwiegen der Beuger in den späteren Versuchen verschwindet.

Ich hebe das ausdrücklich hervor, damit ich nicht wieder in der Weise missverstanden werde, als ob ich auf Grund der von mir beobachteten Erscheinungen ohne Weiteres den für die Beuger bestimmten Fasern des *N. ischiadicus* eine höhere Erregbarkeit zugeschrieben hätte, als den für die Strecker bestimmten

Fasern, und dieses Moment allein für die Erklärung der besprochenen Erscheinungen angezogen hätte.

Ich habe vielmehr vom Anfange an auch die zwei anderen früher erwähnten Momente immer im Auge gehabt und das Ineinandergreifen sehr complicirter Bedingungen für den Verlauf der Erscheinungen hervorgehoben, in welcher Meinung man, wie ich glaube, durch die vorgelegten Myogramme nur bestärkt werden wird, und so erklärt sich denn auch, warum ich nur von der verschiedenen Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate sprechen kann, da ich es in Schwebe lassen musste, ob die frühere Beantwortung eines den Nerven treffenden schwachen Reizes in den Nerven oder in den Muskeln oder, was ebenfalls möglich wäre, in der Verknüpfung von Muskel und Nerv, oder in mehreren dieser Momente ihren Grund hat.

Ich verweise nun auf die Fig. XI, XII, XIII, XIV als Beispiele von Fällen, wo man in ähnlicher Weise, wie es uns auch bei den Versuchen am hängenden Beine passirte, nur mehr eines der letzten Stadien der Erscheinungen, die an anderen Präparaten so prägnant hervortreten, beobachten kann. Der Grund für diese Fälle scheint in einer besonders starken Erregung zu liegen, welche durch den die Abtrennung vom Rückenmark bewirkenden Scheerenschnitt in einzelnen Fällen gesetzt wird, wenigstens konnte ich trotz alles Bemühens in vielen Fällen keine andere Ursache für jene Abweichung auffinden, als diese Eine nicht gut zu beherrschende Bedingung.

Die früher besprochenen Schwankungen in der Erregbarkeit können auch während einzelner Versuche sehr störend sich geltend machen.

Es ist das dann der Fall, wenn jene Schwankungen sehr rasch vor sich gehen.

In solchen Fällen könnte man bei etwas unvorsichtigem Experimentiren leicht zu falschen Schlüssen verleitet werden, da es dabei möglich ist, dass man bei einer bestimmten Stromstärke eine Beugung beobachtet, auf welche nicht blos beim Steigern der Stromstärke, sondern auch bei Verminderung der Stromstärke eine Streckung folgt.

In diesem letzteren Falle wird man aber immer bei weiterem Herabgehen mit der Stromstärke wieder auf Beugungen stossen

und sich auch überzeugen, dass die zuerst angewendete Stromstärke nunmehr statt einer Beugung eine Streckung auslöst.

Solche Fälle fordern, wie gesagt, die grösste Vorsicht.

Ich habe in Fig. XVI und XVII zwei Fälle wiedergegeben, welche das eben Gesagte durch ihren Gegensatz veranschaulichen werden.

Fig XVII *a* ist ein Myogramm, wie wir solche auch bei vielen früheren Versuchen erhalten haben.

Bei diesem Präparate waren die Schwankungen in der Erregbarkeit nur gering, und gerade solche Präparate eignen sich für unsere Experimente auf das Beste.

In Fig. XVI*b* ist 1 bei etwas geringerer, 2—15 dagegen sind bei derselben Stromstärke angeschrieben. Man ersieht aus den verzeichneten Beugungen, dass das Präparat sich zwischen den einzelnen Reizungen nur wenig veränderte.

Aus Fig. XVI *c* ergibt sich dasselbe, da die zu 4 und 4 und später paarweise bei derselben Stromstärke angeschriebenen Curven nur geringe Unterschiede zeigen.

In Fig. XVI*d*, welche von demselben Präparate herrührt, zeigt sich das auch in den alternirenden Beugungen und Streckungen, von denen die ersteren bei derselben niederen, die letzteren bei derselben höheren Stromstärke angeschrieben wurden.

Dagegen ist in Fig. XVII ein anderes Extrem der möglichen Fälle wiedergegeben. Alle Curven sind bei derselben Stromstärke angeschrieben und man sieht dabei, wie immer stärkere Beugungen durch Kampf in Streckungen übergehen.

Es ist sehr wichtig, auf diese Verschiedenheiten seine Aufmerksamkeit zu richten, weil aufeinander folgende Versuche, die bei derselben Stromstärke angestellt werden, nur dann mit einander verglichen werden dürfen, wenn man sich einmal die Überzeugung verschafft hat, dass das Präparat ein zur erst angeführten Art gehöriges ist.

Ich bin wiederholt auf Fälle der letzteren Art gestossen, sie sind aber seltener als die der ersteren Art, oder jene, die sich an diese anschliessen, insofern die zu beobachtenden Schwankungen der Erregbarkeit eben nur langsam vor sich gehen.

Wir wären nun soweit gekommen, um die Ergebnisse der myographischen Studien für die Erklärung der Erscheinungen am hängenden Beine, die in der I. und II. Abtheilung beschrieben wurden, benützen zu können.

Ehe ich aber an diese Anwendung gehe, muss ich einigen Einwürfen begegnen, welche gegen meine früher mitgetheilten Versuche erhoben wurden.

X. Fick und Bour's Versuche am hängenden Beine und an den isolirten Antagonisten.

Ich habe unmittelbar nach dem Erscheinen der aus Fick's Laboratorium hervorgegangenen Arbeit von Bour[1], in welcher gegen die in meiner ersten Abtheilung enthaltenen Angaben zu Felde gezogen wurde, darauf hingewiesen,[2] dass ich glaube, dass mancher Einwurf gegen meine Ausführungen nicht gemacht worden wäre, wenn auch der am 16. April 1874 (Anzeiger der Wiener Akademie, Jahrgang 1872, Nr. 10) veröffentlichte Auszug meiner ganzen Arbeit in dem Würzburger Laboratorium bekannt gewesen wäre.

Ich hatte nämlich in jenem Auszuge im Zusammenhang mit allen Thatsachen, welche mir bis dahin bekannt waren, mit Deutlichkeit und Nachdruck vor der Auffassung gewarnt, dass durch meine Versuche bewiesen werde, dass im *Ischiadicus* des Frosches die für die Beuger bestimmten Nervenfasern eine höhere Erregbarkeit besitzen, als die für die Strecker bestimmten.

Gerade diese von mir niemals vertheidigte Auffassung wird mir aber in der Streitschrift imputirt, die als Bour's Inaugural-Dissertation das Würzburger Laboratorium verlassen hat.

Ich habe zwar auch, nur in etwas anderem Zusammenhange, in der I. Abtheilung der ausführlichen Arbeit, und zwar gleich in der Einleitung[3] meine Bedenken gegen die Annahme einer im

[1] Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nerv-Muskel-Apparate. Inaugural-Abhandlung. Sep. Abdr. aus Fick: Arbeiten aus dem physiol. Laboratorium der Würzburger Hochschule.

[2] Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1875 Nr. 22.

[3] Diese Berichte, Bd. LXX, III. Abth., p. 7 u. 8. Separat-Abdruck, p. 1 und 2.

Querschnitt des Nervenstammes wechselnden Erregbarkeit geäussert.

Das scheint aber dem Anfänger Bour ebenfalls entgangen zu sein, oder er gab sich der Einbildung hin, dass ich jene Bedenken am Ende der geschichtlichen Darstellung, die ich gab, selbst schon wieder überwunden gehabt hätte.

Denn merkwürdig genug citirt man in der besagten Dissertation[1] eine Stelle, die am Schlusse meiner historischen Darstellung,[2] also vor der Mittheilung irgend eines Versuches vorkommt, um die Polemik gegen mich zu introduciren.

An jener Stelle, welche in meinem Texte nur den Sinn eines erst zu beweisenden Lehrsatzes hat, heisst es aber, „dass am Froschschenkel in der That bei schwachen Reizen, welche den gemeinsamen Nervenstamm treffen[3], eine Bewegung im Sinne einer functionell bestimmten Gruppe von Muskeln, die also die mehr erregbaren sind, auftritt, während bei stärkeren Reizen eine Bewegung im Sinne einer anderen functionell bestimmten Gruppe von Muskeln, die also die weniger erregbaren sind, erfolgt".

Was ich hier von den Nervmuskel-Apparaten sagte, schiebt man nun in der besagten Dissertation einfach auf die Nerven, um gegen das so erst hineingetragene erklärende Moment seine gewichtigen Bedenken vorzubringen.

Am Schlusse der I. Abth. meiner Arbeit[4] habe ich aber ganz deutlich ausgesprochen, dass ich kein anderes Resultat der mitgetheilten Versuche feststellen will, als „dass die Motoren des Fusses und der Zehen nach vor- und aufwärts bei schwachen Reizen, dagegen die Motoren des Fusses nach rück- und abwärts bei starken Reizen die Lage der Gliedmasse bestimmen".

Ein Resultat, welches die besagte Dissertation a fortiori bestätigt hat, wenn man sich auch, wie sich gleich zeigen wird, nicht im Entferntesten darüber im Klaren befand, dass ich bei

---

[1] L. c. p. 9.
[2] L. c. p. 20.
[3] Also bei der Erregung vom Nerven aus.
[4] L. c. p. 60.

der Formulirung jenes Resultates immer nur den Erfolg der Gegenwirkung gleichzeitig thätiger Antagonisten im Auge haben konnte.

Nach diesen allgemeinen Hinweisen auf das ungenügende Verständniss, welchem ich im Würzburger Laboratorium begegnet bin, muss ich aber nun auf eine Behauptung der besagten Dissertation etwas näher eingehen.

Die eben erwähnte und in der Dissertation bestätigte Erscheinung am hängenden Beine soll auf der blossen anatomischen Anordnung der Beuge- und Streckmuskeln am Gelenke beruhen [1].

Bei der natürlichen Gleichgewichtslage des Gliedes, wenn alle fremden Kräfte, namentlich auch die Schwere ausgeschlossen sind und nur die elastischen Kräfte der ruhenden Muskeln wirken, sei der Fuss ganz an die Vorderseite des Unterschenkels angezogen.

Bei der hängenden [2] Lage des Präparates seien die elastischen Kräfte der Flexoren im Gleichgewicht mit der Schwere des Fusses. Der Gastrocnemius aber sei länger, als die Entfernung seines Ursprungs- und Ansatzpunktes beträgt. Das Letztere sei auch leicht an der Faltung der Achillessehne zu constatiren.

Unter solchen Verhältnissen sei es klar, dass, wenn sich beide Muskelgruppen nur um einen geringen Bruchtheil ihrer Länge verkürzen, eine Beugewirkung resultiren müsse.

Auf das letztere „wenn“ kommt es aber bei der Beurtheilung meiner Versuche in hohem Grade an, und da habe ich zu bemerken, dass es sich bei meinen Versuchen nicht blos um so kleine Bruchtheile der ursprünglichen Länge der Muskeln, wie sie für die Deductionen der Dissertation passend wären, handelt.

Der ganze Verlauf der von mir beschriebenen Erscheinungen lässt das sofort Jedem erkennen, der nicht von Vorurtheilen geblendet, denselben anschaut.

Es dauert ja, wenn die Reizstärke allmälig gesteigert wird, durch einige Zeit das Anwachsen der Beugung fort, deren Maximum wird aber dann bei schon beträchtlicher gleichzeitiger

---

[1] L. c. p. 10 und 11

[2] „Rollett'schen Lage“, wie es in der Dissertation heisst, p. 13.

Thätigkeit der Strecker gegen den Zug der letzteren noch festgehalten und erst bei noch mehr gesteigerter Reizstärke von den Streckern überwunden.

Kann da noch von der überschüssigen Länge der Achillessehne, welche allein die Beugung erklären soll, die Rede sein?

Ich muss, um Wiederholungen zu vermeiden, hier den Leser freundlichst ersuchen, die von mir mitgetheilten[1] Versuchsreihen und besonders die im VIII. Abschnitte (Abth. II) enthaltenen Commentare zu vergleichen, um die Richtigkeit meiner zuletzt angeführten Behauptungen einzusehen.

Zu der in der Dissertation so sehr betonten Faltung der Achillessehne des hängenden Beines muss ich aber das Folgende bemerken:

Wenn der Unterschenkel und Fuss des Frosches in der von mir beschriebenen Weise fixirt ist, wird man eine Faltung der Achillessehne nicht wahrnehmen.

Ja noch mehr, wenn man die Sehnen blosslegt und sie, und zwar nur die Sehne allein mit Schonung der nebenlaufenden Nerven mittelst eines scharfen feinen Messerchens quer etwa in der Mitte zwischen dem Ende der Muskelfasern des Gastrocnemius und dem Übergange in die Plantaraponeurose durchschneidet, so ist der Erfolg dieser Tenotomie eine kleine, aber deutliche Spalte zwischen den Schnittenden.

Ich will aber darauf kein besonders grosses Gewicht legen, obwohl die Thatsache immer zu beobachten ist.

Erregt man aber dann den Nerven, so dass eben eine Contraction der Muskeln bemerkbar wird, so wird das Klaffen der einander entgegen gekehrten Schnitte der Sehne sofort stärker, und von da an steigert sich dasselbe bei zunehmender Reizstärke immer mehr, und zwar anfangs vorzugsweise wegen der auftretenden Beugung, später aber, wie deutlich zu verfolgen ist, sowohl wegen der fortwährenden Zunahme der Beugung, als auch wegen der Verkürzung des Gastrocnemius.

Eine solche Verkürzung des Gastrocnemius ist aber schon zu einer Zeit wahrnehmbar, wo die Beugung noch lange nicht ihr Maximum erreicht hat.

---

[1] L. c. Bd. LXX, p. 49 u. d. F. und Bd. LXXI, p. 33—80.

Sucht man ferner an einem vorerst nicht tenotomirten Präparate eine Stromstärke auf, welche eine entschiedene Beugung hervorbringt und tenotomirt während der Reizung rasch, so bemerkt man, dass sofort die Beugung beträchtlich zunimmt.

Der Grund dafür ist die Entlastung, welche die Beuger erfahren. Während sie sich früher gegen den Zug der Antagonisten, und zwar der thätigen Antagonisten contrahirten, ziehen sie sich jetzt frei zusammen.

Dächte man sich nun rasch die Enden der durchschnittenen Sehnen wieder vereinigt, was würde für ein Erfolg auftreten? Offenbar würde durch die Thätigkeit der Strecker der Fuss aus der stark gebeugten Lage in die weniger stark gebeugte Lage zurückgeführt werden.

Hält man sich diese Verhältnisse gegenwärtig, dann sieht man umsomehr ein, dass die in der zweiten, dritten und vierten Versuchsreihe der Dissertation mitgetheilten Versuche durchaus nicht beweisen, dass die von mir am hängenden Beine beschriebenen Erscheinungen auf der überschüssigen Länge der Achillessehne beruhen.

Es folgt aber, wie wir sehen werden, dieses Resultat auch schon aus einer blossen logischen Zergliederung der in der Dissertation mitgetheilten Versuche selbst.

Wenn man, wie in der Dissertation[1] auseinandergesetzt wird, eine Stromstärke aufsucht, welche „entschiedene Beugung des Fusses" hervorbringt, und wenn dann „mit einem leichten, locker in der Hand gehaltenen Stäbchen der Fuss des Präparates gegen den Unterschenkel in starke Beugestellung gehoben wird", so wird, das ist nach unseren obigen Betrachtungen klar, bei abermaliger Reizung mit derselben Stromstärke ein Zug des Gastrocnemius wahrzunehmen sein.

Kann man aber jetzt, wie Bour es gethan hat, behaupten, dass damit der Beweis geliefert sei, „dass Stromstärken, welche das hängende Rollett'sche Präparat zu entschiedener Beugung bringen, es aus einer anderen Anfangslage heraus zur Streckung bringen"?

---

[1] L. c. p. 11.

Man entferne doch das Stäbchen, mit welchem man den Zug des Gastrocnemius eben wahrgenommen hat, rasch. Was wird der Erfolg sein?

Offenbar wird man dann wieder die „entschiedene Beugung“ wahrnehmen, von welcher man in der Dissertation ausgeht, aber nicht im Entferntesten eine Streckung des hängenden Beines.

Was hat man also mit dem Stäbchen wahrgenommen?

Offenbar nichts Anderes als den Zug der thätigen Strecker, welcher den Antagonisten, den Beugern, entgegenwirkt, welcher aber eben von der Contraction der letzteren überwunden und entgegen welcher bei der gewählten Reizstärke am hängenden Beine die „entschiedene Beugung“ festgehalten wird.

Hätte die von mir oft betonte Thatsache, dass die im Anfange meiner Versuche mit Vermehrung der Reizstärke immer mehr zunehmende Beugung des hängenden Beines zuletzt gegen die Spannung der auch ihrerseits thätigen Strecker festgehalten wird, eines besonders schlagenden Beweises bedurft, so ist derselbe unbewusst durch die in der Dissertation mitgetheilten Versuche geliefert worden.

Bour hat aber mit der Deutung seines Versuches ein logisches Monstrum zu Tage gefördert, welches als wahres Cabinetstück behandelt zu werden verdient.

Den Leser möchte ich hier bitten, zu erwägen, in welchem Tone ich der herausfordernden Würzburger Inauguraldissertation hätte begegnen müssen, wenn ich ein Freund stacheliger Polemiken wäre, einer Dissertation, die nicht ein Jota stichhältigen Einwurfes, wohl aber die wohlfeile Verdächtigung[1] bringt, dass ich mich auf einem veralteten Standpunkt der Methodik der Reizphysiologie befinde, da mir als Versuchsobject diene nicht der an einem Fühlhebel angeknüpfte Froschmuskel mit seinem Nerven, dessen sich seit den bahnbrechenden Untersuchungen von du Bois-Reymond und Helmholtz fast alle Forscher zur Entscheidung von Reizbarkeitsfragen bedient haben, sondern der ganze Unterschenkel und Fuss des Frosches in ihrer natürlichen Verbindung.

Ich hatte aber schon am 11. April 1874 mitgetheilt, dass ich meinen Gegenstand auch myographisch verfolgt habe.

---

[1] L. c. p. VI.

Mir ist es aber hier nur um die Sache zu thun, und darum will ich nur nochmals den Nutzen betonen, den Bour's in seiner zweiten und in der völlig ebenso zu beurtheilenden dritten und vierten Versuchsreihe mitgetheilten Versuche für mich haben, da sie so überzeugend darthun, dass in der That die Beugungen in meinen Versuchen auch gegen eine beträchtliche Spannung der thätigen Strecker noch festgehalten werden und hervorheben, dass Bour nicht selbstmörderischer gegen seine Behauptung, dass die von mir beschriebene Erscheinung von einer überschüssigen Länge der Achillessehne herrühre, vorgehen konnte, als durch die Mittheilung seiner erwähnten Versuche.

Nicht auf die Beurtheilung der Art und Weise, wie aus einer mit unbedachter Willkür gewählten Anfangslage der Froschschenkel herausbewegt wird, kommt es bei der Entscheidung der Frage an, welche mich beschäftiget hat, sondern auf die Beurtheilung der Thätigkeit der Muskeln, welche wir, einer einmal angenommenen anatomischen Nomenclatur folgend, als Beuger und Strecker bezeichnen, und darum muss eine Anfangslage gewählt werden, bei welcher eine solche Beurtheilung der Thätigkeit jener Muskeln möglich ist, das ist eben bei der hängenden Lage der Fall.

Die in der fünften Versuchsreihe der Dissertation [1] mitgetheilten Versuche an den getrennten Antagonisten verrathen endlich ein leichtes Verständniss der Frage, auf welche es hier ankommt.

Aber diese Versuche sind nicht graphisch registrirt, nicht mit Rücksicht auf die verschiedenen mechanischen Werthe der Beuger und Strecker angestellt, ohne Rücksicht auf die von mir früher berührten Schwierigkeiten der Experimente mit getrennten Myographienhebeln; sie machen vielmehr den Eindruck eines leichtsinnigen Glückspieles.

Als solches sie zu behandeln, ist man in jener Dissertation auch in der Laune, da der höchst frivole und erstaunliche Einfall zum Besten gegeben wird, dass man inconstante Resultate schlecht angestellter Versuche zum Gegenstande einer grossen Statistik machen müsse, anstatt, dass man sich bemüht, die den

[1] L. c. p. 15.

Versuchen anhaftenden Fehler aufzufinden, um nach deren Erkenntniss ein constantes Resultat zu erzielen.

Ich muss endlich noch bemerken, dass Bour die Constanz seiner Kette nicht geprüft hat und dass er nicht Rücksicht darauf genommen hat, dass nur gleichzeitig an beiden Muskelgruppen angestellte Versuche, nicht aber successive angestellte Versuche mit einander vergleichbar sind.

XI. Die Beziehungen von H. Munk's Partialerregung des Nerven zu Ritter's Lehre vom Gegensatz der Beuger und Strecker.

H. Munk hat im ersten Hefte des Jahrganges 1875 von Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv darauf aufmerksam gemacht, dass er im Jahre 1873 in der Berliner physikalischen Gesellschaft einen Vortrag [1] über den Ritter'schen Gegensatz der Beuger und Strecker gehalten habe, in welchem er die von Ritter beobachteten Erscheinungen im Zusammenhange vermuthet mit der Vertheilung des Stromes im Nerven,

[1] Durch den Druck wurde von jenem Vortrage Munk's nichts veröffentlicht als der Titel, und zwar ist derselbe zu lesen auf pag. XV der römisch paginirten Einleitung des XXV. Jahrganges „der Fortschritte der Physik etc." Berlin 1873, welche Einleitung bekanntlich die Erklärung der Citate, das Mitglieder-Verzeichniss der physikalischen Gesellschaft, das Verzeichniss der in der letzteren gehaltenen Vorträge und der für dieselbe eingegangenen Geschenke und das Inhalts-Verzeichniss des Bandes bringt. Ich kann nicht vermeiden, das besonders hervorzuheben, weil die Art und Weise, wie H. Munk in seiner Notiz den bisher allein durch den Druck veröffentlichten Titel seines Vortrages aus dem physikalischen Jahresberichte citirt, um scharf zu betonen, dass der genannte Band des physikalischen Jahresberichtes im Jahre 1873 erschienen ist, während am 16. April 1874 erst Herr Rollett der Wiener Akademie seine Arbeit mitgetheilt habe, auf manchen flüchtigen Leser der Munk'schen Notiz den ernsthaften Eindruck hervorgebracht habe, als ob es sich darum handeln würde, dass mir eine längst durch den Druck veröffentlichte wichtige Arbeit Munk's unbekannt geblieben wäre.

Dieser ernsthafte Eindruck hat sich aber jedesmal in sein gerades Gegentheil verkehrt, wenn der in die Irre Geführte dahin aufgeklärt wurde, dass Munk eine solche Wirkung auf seine Leser gewiss nicht beabsichtigt habe, da ja in der ganzen Welt bekannt ist, dass der römisch paginirte Theil des physikalischen Jahresberichtes nicht einmal Referate, geschweige denn Originalarbeiten enthält.

die bei der gewöhnlichen Art, die Elektroden an zwei Punkten seines Verlaufes anzulegen, zu Stande kommt [1].

Es unterliegt nun gar keinem Zweifel, dass in diesem Falle im Nerven die Flächen gleichen Potentiales und die darauf senkrecht stehenden Stromcurven sich wie in einem nicht prismatischen Leiter verhalten werden, dass wir also zwischen den Elektroden in besonderer Weise im Nerven vertheilte und wegen der verschiedenen Länge der Stromcurven an Intensität verschiedene Partialströme erhalten werden.

Fraglich bleibt es aber, ob und wann in einem gegebenen Falle die feinen Intensitäts-Differenzen der Partialströme in den Molecularvorgängen des Nerven merklich werden, denn das glaube ich, wird Niemand zu behaupten wagen, dass dem Nerven in dieser Beziehung eine unbegrenzte Empfindlichkeit zugeschrieben werden kann.

Der erregende Strom muss, ehe eine durch unsere Hilfsmittel wahrnehmbare Wirkung auf den Nerven ausgeübt wird, sich bis zu einem bestimmten Werthe über 0 erhoben haben, und die Differenzen, die wir mittelst unserer Vorrichtungen zur Abstufung der Reizstärke hervorrufen, um eine messbare Verschiedenheit der Wirkung zu beobachten, sind gewiss sehr gross im Verhältniss zu den Differenzen der Intensität der Partialströme, die bei einem bestimmt kleinen Verhältnisse des Nervenquerschnittes zur Länge der erregten Strecke sich aus der gewöhnlichen Anlegung der Elektroden ergeben.

Das scheint mir auch der Grund dafür zu sein, warum sowohl vor als nach Munk's Hinweis auf die in solchen Fällen aus der Theorie folgenden Partialströme im Nerven die Physiologen bei ihren praktischen Arbeiten so wenig Rücksicht auf jene Thatsache genommen haben.

Um speciell den Einwürfen zu begegnen, die Munk auf Grund der von ihm supponirten Partialerregung des Nerven gegen die Deutung zu erheben gedächte, welche ich den von mir beobachteten Erscheinungen gegeben habe, genügt es aber hervorzuheben, dass jene Erscheinungen unter Umständen zu

[1] H. Munk, Untersuchungen über das Wesen der Nervenerregung. Leipzig 1868, I. Band, pag. 412 u. s. f.

beobachten sind, wo an eine Erklärung derselben durch Munk's Partialerregung des Nerven gar nicht gedacht werden kann.

Es ist das der Fall bei Versuchen, welche mit Elektroden angestellt werden, wie ich sie zu meiner ersten Versuchsreihe [1] benützte.

Ich wählte dort gerade jene Form von Elektroden, auf welche der Hüftnerv seiner ganzen Länge nach von der Theilungsstelle angefangen, aufgelegt werden konnte, um mich selbst zu beruhigen über die Einwürfe, welche bei der gewöhnlichen Art, die Elektroden an zwei Punkten des Verlaufes des Nervens anzulegen, gemacht werden könnten.

Erst in den weiteren Versuchsreihen bediente ich mich auch immer der letzteren Art, die Elektroden anzulegen, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass der Verlauf der Erscheinungen dadurch nicht wesentlich geändert wird. Auf den also angelegten Elektroden wurde aber der Nerv bei den verschiedenen Versuchen mit Bezug auf sein topographisch-anatomisches Innen und Aussen, und Oben und Unten in der verschiedensten Weise orientirt.

Dasselbe geschah auch bei den früher angeführten Versuchen von Bour. Allein, ohne dass dabei eine Änderung im Verhalten der Beuger und der Strecker beobachtet worden wäre.

Bei den in dieser III. Abtheilung enthaltenen myographischen Versuchen habe ich noch insbesondere die Rinnenform der Kochsalzthonpfröpfe der Elektroden gewählt, ja in einzelnen Fällen, nachdem der Nerv eingelagert war, noch vorsichtig die Rinne nach oben mittelst eines Thonpfröpfchens geschlossen, so dass der Nerv durch zwei ringförmig, ihn umgreifende Elektroden, Fig. XXI, lief.

Ich habe auch dabei keine Abweichung der Erscheinungen beobachtet.

Munk's Partialerregung des Nerven kann uns also unsere Erscheinungen nicht erklären.

Wenn Munk schliesslich in seiner Notiz meinen Untersuchungen und den Nachuntersuchungen Bour's vorwirft, dass dabei zur Reizung Inductionsströme benutzt wurden, die für

[1] L. c. pag. 49, Fig. XIX, Taf. III.

solche Versuche aus mehreren Gründen ungeeignet sind, dann kann ich das vorläufig nur als eine nicht gut überlegte, leicht hingeworfene Bemerkung ohne allen Werth betrachten.

XII. Folgerungen aus den myographischen Versuchen.

Die Versuche mit dem Antagonistographen haben also die zwei früher aufgestellten Fragen dahin beantwortet, dass bei der Erregung vom Nerven aus die Beuger auf schwächere Reize ein höheres Mass der Leistung ergeben als die Strecker.

Im Sinne der Beuger erfolgt bei allmälig gesteigerter Reizstärke die Bewegung bis zu einem bestimmten Wendepunkte, wo sie von den Streckern überwunden werden.

Ich glaube wenigstens, dass man den erhaltenen Myogrammen eine andere Deutung nicht zu geben vermag.

Was aber die Constanz dieser Erscheinung betrifft, so muss ich dieselbe noch besonders betonen. Bour hat die Frage, auf deren Beantwortung ich nach seiner, wie schon erwähnt, irrthümlichen Anschauung ausgegangen sein sollte, die Frage, ob die Beugefasern im Stamme des Ischiadicus eine höhere Erregbarkeit besitzen als die Streckfasern „von dem Gebiete einer absoluten Gesetzmässigkeit auf das der blossen Wahrscheinlichkeit" verwiesen. Diese Folgerung für die von mir niemals behauptete, sondern bis jetzt immer nur abgelehnte Erklärung unserer Erscheinungen, hat aber Bour aus seiner schon früher als Glückspiel charakterisirten fünften Versuchsreihe darum abgeleitet, weil er dabei beobachtete, dass von den an zwei getrennten Myographen wirkenden Antagonisten bald den einen, bald den andern, zumeist aber den Beugern das Los zufiel, bei kleinerer Stromstärke den mit denselben verknüpften Myographen in Bewegung zu setzen.

Dagegen muss ich nun bemerken, dass ich bei meinen zahlreichen Versuchen niemals auf eine einmal eingetretene Streckkung bei weiter fortgesetzter Steigerung der Reizstärke je wieder eine Beugung folgen sah.

Wie abweichend sich die Versuche auch sonst gestalten mögen, in diesem Punkte bleiben sie immer und ohne Ausnahme sich gleich.

Es kann, wie ich das schon erwähnte, die anfangs auftretende Beugung sehr schwach sein, ja sie kann in einzelnen Fällen ganz ausbleiben, so wie es auch bei wiederholten Versuchen an demselben Präparate zuletzt der Fall ist, aber niemals folgt im gegebenen Falle auf eine einmal eingetretene Streckung bei Erhöhung der Reizstärke wieder eine Beugung.

Durch die Resultate unserer myographischen Versuche sind wir aber in die Lage versetzt, die Erscheinungen am hängenden Beine, welche nicht, wie Bour meinte, auf der überschüssigen Länge der Achillessehne beruhen, vorläufig in der Weise zu erklären, dass der Nervmuskelapparat, welchen wir als Beuger der Gliedmasse bezeichnen, bei schwächeren Reizen eine grössere Energie entwickelt, als der, welchen wir als Strecker bezeichnen.

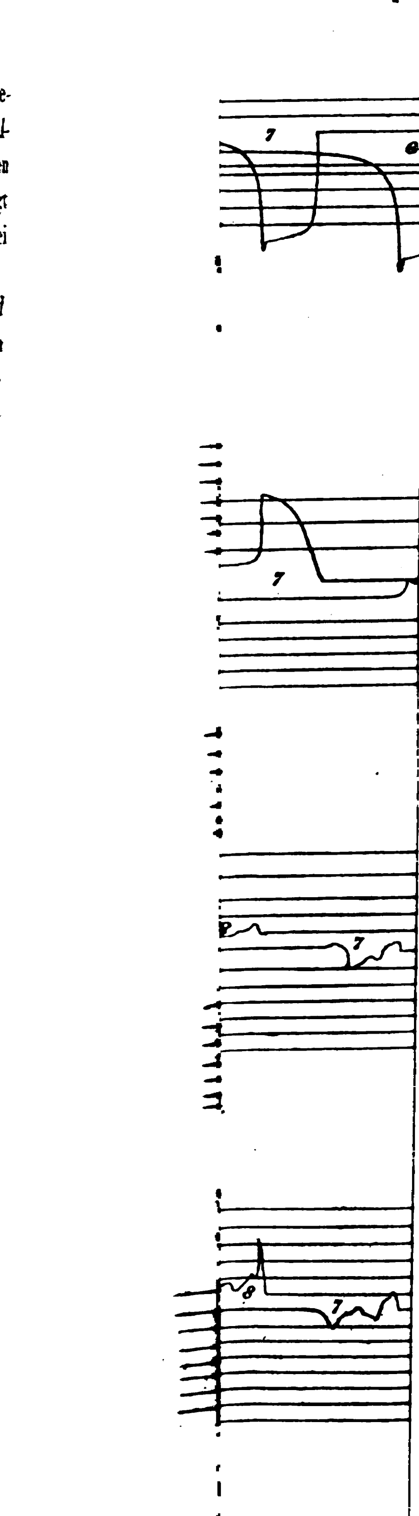
Diese Thatsachen haben wir den Myogrammen direct entnehmen können und darum schreibe ich functionell verschiedenen Nervmuskelapparaten eine verschiedene Erregbarkeit zu.

Wir sind aber damit zu keinem Abschlusse gelangt, sondern erst vor eine Reihe weiterer Fragen gestellt.

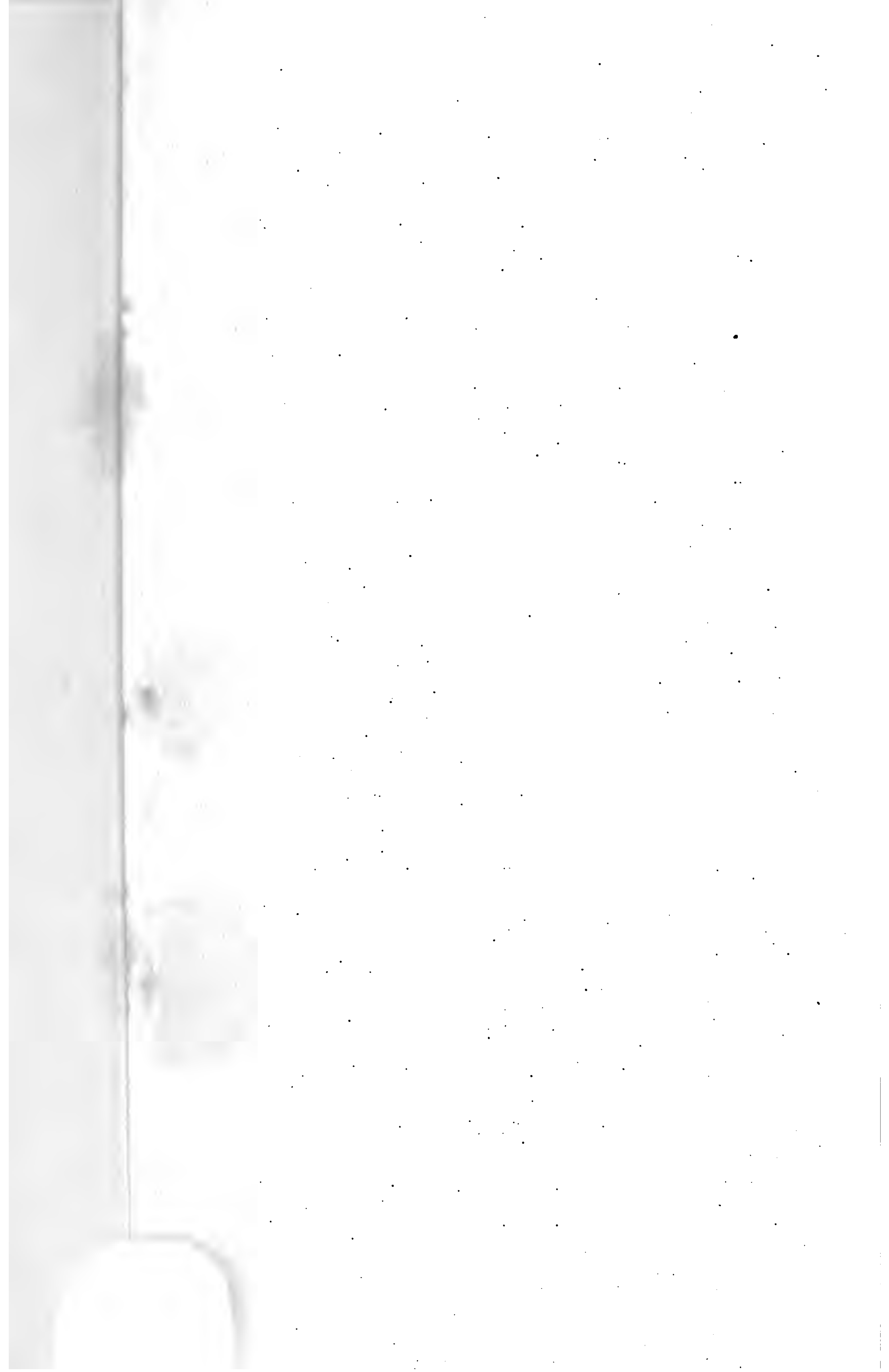
In Bezug auf diese letzteren bleibt mir aber zur Vermeidung weiterer Missverständnisse gar nichts übrig, als hier zu wiederholen, was ich schon in der vorläufigen Mittheilung meiner Arbeit in Nr. X des Anzeigers (Jahrgang 1874, 16. April) der Wiener Akademie auseinandersetzte:

„Was die Erklärung unserer Erscheinung betrifft, so ist vor Allem anzuführen, dass sich nachweisen lässt, dass der Muskelapparat einer Gliedmasse nach Ausschluss der Nerven das verschiedene Verhalten gegen schwache und starke Reize nicht mehr zeigt. Bei gleichmässiger directer Erregung von des Nerveneinflusses beraubten antagonistischen Muskeln erfolgt die Lageveränderung der Gliedmasse immer einseitig im Sinne der an Masse überwiegenden Muskeln, wenn beide Muskelgruppen nachgewiesenermassen noch vollkommen leistungsfähig erhalten sind. Die Erklärung unserer Erscheinung ist also in den Nerven zu suchen. Man kann aber nicht ohne Weiteres die Folgerung ziehen, dass die für verschiedene Muskeln bestimmten Nerven eine verschiedene Erregbarkeit besitzen.

Der letztere Schluss wäre nur erlaubt, wenn alle anderen Möglichkeiten der Erklärung unseres Phänomens ausgeschlossen



75.



IX.

St

R

2

5

5

4

8

XVc.

1

s

s

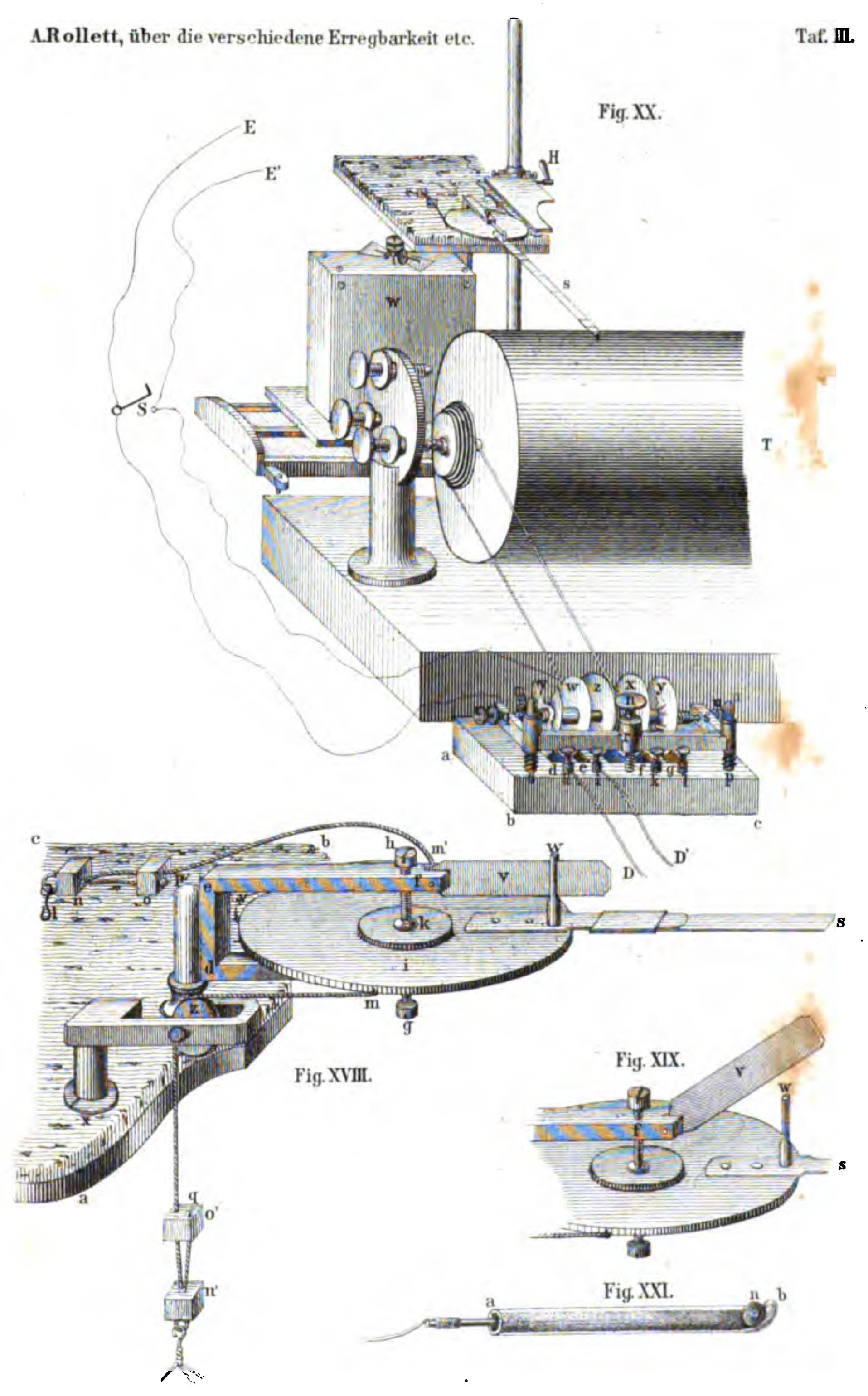


Fig. XX.

Fig. XVIII.

Fig. XIX.

Fig. XXI.



werden könnten, oder aber, wenn der Nachweis einer auf dem Querschnitte des Nervenstammes wechselnden Erregbarkeit vorerst noch durch andere messende Versuche als durch die Beobachtung der Muskelverkürzuug erbracht werden könnte. Das Letztere war bis jetzt nicht ausführbar.

Anderseits ist aber die, wie bekannt, verschiedene Art und Zahl der Verknüpfung unterschiedener Muskeln mit ihren motorischen Nerven in Betracht zu ziehen und sollen die Gründe erwogen werden, welche dafür sprechen, dass die Erscheinung der typischen Verschiedenheit der Erregbarkeit antagonistischer Nervmuskelapparate auf diesen anatomischen Grund zurückzuführen ist."

Es muss nun meine nächste Aufgabe sein, den Gegenstand in der zuletzt angeführten Weise weiter zu entwickeln.

Bemerkung über die Herstellung der Tafeln I und II.

Zur Herstellung dieser Tafeln schnitt ich die auf berusstem dickem Glanzpapier erhaltenen Myogramme, nachdem sie fixirt waren, in passender Weise aus dem Papier heraus und ordnete dieselben auf einem Blatte dicken schwarzen Papieres in der in den Tafeln ersichtlichen Weise. Dann wurden entsprechend den Streifen, welche die Myogramme enthielten, nur in etwas verjüngter Form Ausschnitte in dem Papierblatte angebracht und an einem Rande jedes Ausschnittes der entsprechende Streifen mit dem Myogramm festgeklebt.

Die so zusammengestellte Tafel wurde im Copirrahmen, und zwar mit der berussten Seite über einem entsprechend grossen Blatte Talbot-schen Lichtpauspapieres liegend dem directen Sonnenlichte durch einige Stunden exponirt, bis eben die Curven deutlich copirt waren und fixirt werden konnten.

So entstanden zunächst die Tafeln mit der Anordnung der Myogramme, wie sie auf Tafel I und II zu sehen sind.

Von den so erhaltenen Tafeln lies ich genau gleich grosse Negativ's auf Glas copiren.

Diese Negativ's wurden dann zur Herstellung der der Abhandlung beigegebenen photolithographischen Tafeln verwendet.

Lassen die also erhaltenen Tafeln auch in Bezug auf den ästhetischen Eindruck im Vergleiche mit lithographirten Tafeln Manches zu wünschen übrig, so wird man doch gewiss nicht den Nutzen unterschätzen, welchen dieses Verfahren besitzt, da es dem Autor eine von einer vervielfältigenden Zeichnerhand und der mühevollen Beaufsichtigung derselben völlig unabhängige Wiedergabe der Originalcurven ermöglicht.

Untersuchung über die Gesetze der Nervenerregung.

Von Dr. **Ernst Fleischl,**

Privatdocenten für Physiologie u. Assistenten am physiolog. Institute der Wiener Universität.

I. Abhandlung.

Über die Lehre vom Anschwellen der Reize im Nerven.

(Mit 4 Holzschnitten.)

Wenn man an einem Präparate, welches aus dem *Nervus ischiadicus* und dem mit ihm zusammenhängenden *Musculus gastroknemius* eines Frosches besteht, einen elektrischen Reiz von geringer und alle Male gleicher Stärke erst auf eine Stelle des Nerven wirken lässt, welche nahe seinem Eintritte in den Muskel liegt, und dann auf eine Stelle des Nerven, welche nahe seinem freien Ende liegt, so kann man bemerken, dass der Reiz, welcher eine längere Strecke des Nerven durchlaufen musste, um zum Muskel zu gelangen, eine stärkere Zuckung auslöst, als derselbe Reiz, wenn er nur ein kürzeres Stück Nerv durchlaufen hat. Diese Thatsache ist von Budge und dann von Pflüger [1] aufgefunden und von Letzterem zu ihrer Erklärung eine Hypothese aufgestellt worden, welche man allgemein als die „Lehre vom lawinenartigen Anschwellen des Reizes im Nerven" kennt.

Diese Lehre ist von Heidenhain angegriffen worden, und es hat sich sofort zwischen diesem und Pflüger eine Debatte entsponnen, an welcher sich auch Rosenthal vorübergehend betheiligte. [2] Ich werde später noch vielfach Gelegenheit haben, auf die Erfahrungen dieser Forscher zurückzukommen.

Bei allen Erörterungen, welche diese Pflüger'sche Lehre hervorgerufen hat, wurde — mit vollem Rechte — das Hauptgewicht auf den Einfluss gelegt, den die grössere oder geringere

---

[1] Budge, Froriep's Tagesberichte 1852, p. 329, ferner ebenda, Aprilheft 1852. Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus, Berlin 1859, p. 140—158.

[2] Berliner Allgemeine medicinische Centralzeitung 1859, Nr. 10, 14 16 (pag. 121 u. pag. 126), 19.

Entfernung von dem bei der Präparation am Nerven angebrachten Querschnitt auf die Erregbarkeit eines bestimmten Abschnittes dieses Nerven nimmt. Nun ist aber dieser Einfluss selbst trotz der vielfachen Untersuchungen, die, seit seiner Entdeckung durch Ritter, hierüber angestellt wurden, doch nicht so genau eruirt, dass man ihn einfach als bekannte Function ansehen und verwenden könnte bei der Beurtheilung von Versuchen, in deren Ergebnisse er sich mit einmischt. Selbst Rosenthal's sorfältige Untersuchungen über diesen Gegenstand haben — wie dies ja in der Natur der Sache liegt — nur zu einer allgemeinen Vorstellung über den Verlauf der fraglichen Erregbarkeitsveränderungen geführt.

Ich habe es desshalb unternommen, neue Versuche über das „lawinenartige Anschwellen" der Reize im Nerven anzustellen, und mich bei diesen Versuchen ganz von dem unberechenbaren Einflusse der Durchschneidung des Nerven zu emancipiren, indem ich den Nerven an seinem oberen Ende im Zusammenhange mit dem Thiere liess. Diese Idee ist durchaus nicht neu. Es haben schon einige Forscher[1] gelegentlich auch am unzerschnittenen Nerven experimentirt; doch finde ich merkwürdigerweise nirgends ein besonderes Gewicht auf diese so fruchtbare Methode gelegt, finde auch nirgends eine genaue Beschreibung der Versuchsanordnung. Und doch ist es an sich nicht sehr wahrscheinlich, dass Jemand, der die Methode der Reizung des unzerschnittenen Nerven von den ihr ursprünglich anhaftenden Fehlern befreit hatte, und nun ihre grossen Vortheile gewahr wurde, und ihre Bedeutung für die Nervenphysiologie erkannte, dass ein Solcher es nicht der Mühe werth gehalten haben sollte, seine Methode zu beschreiben, und auf die wichtigen, mit ihrer Hilfe zu erledigenden Fragen anzuwenden. Ich muss demnach meinen, dass solche Reizversuche an unzerschnittenen Nerven immer nur beiläufig und ohne besondere Vorsichtsmassregeln angestellt wurden, und will desshalb die Methode, deren ich mich bediente, ausführlich beschreiben.

Will man Muskelzuckungen als Masse für den Effect von Reizen verwerthen, welche man auf einen aus sensiblen und motorischen Nerven gemischten Nervenstamm hat einwirken

[1] Z. B. Schiff, Heidenhain.

lassen, der seinerseits wieder in ungestörtem physiologischen Zusammenhange mit dem Centralnervensysteme steht: so muss man sich vor Allem davor zu schützen wissen, dass die durch Reizung der sensiblen Fasern auf reflectorischem Wege erfolgenden Zusammenziehungen des beobachteten Muskels nicht mit jenen interferiren, welche direct durch Reizung der ihn versorgenden motorischen Fasern ausgelöst werden.

Da man nun ausser der Vergleichung der Latenzzeiten von der Reizung bis zur Zuckung kein Mittel besitzt, um die „directen“ von den reflectorischen Zuckungen zu unterscheiden, so muss man von vorneherein darauf bedacht sein, die letzteren ganz zu eliminiren. Hiezu bieten sich im Allgemeinen zwei Methoden dar. Man kann entweder durch die Anwendung von Giften die Thätigkeit der sensiblen Centralorgane und der Reflexcentra unterdrücken, oder man kann die sensible Leitung unterbrechen durch die Durchschneidung der in Betracht kommenden hinteren Nervenwurzeln. Diese zweite Methode ist unzweifelhaft sicher, die erste ist aber die weitaus bequemere. Anfangs benutzte ich abwechselnd bald die eine, bald die andere — nach kurzer Zeit aber hatte ich im Chloralhydrat ein Mittel kennen gelernt, welches die Einmischung reflectorischer Zuckungen mit derselben Exactheit ausschliesst, wie die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln dies leistet, und hatte mich durch zahlreiche Parallelversuche von der vollkommenen Gleichheit der Wirkungen dieser beiden Eingriffe und somit von der Zuverlässigkeit der Methode der Chloralhydrat-Vergiftung überzeugt, welche ich denn auch fortan ausschliesslich benützte. Demnach richtete ich die Thiere für meine Versuche auf folgende Weise her. Zunächst spritze ich dem Frosch eine nach der Jahreszeit [1] und der Grösse des Thieres wechselnde Menge einer Chloralhydratlösung unter die Rückenhaut und lasse ihn dann unter einer Glasglocke seine Narcose erwarten. Zu den Reflexen, die am ersten erlöschen, gehören die durch Reizung der *Cornea* auslösbaren Bewegungen der *Membrana nictitans*; erst eine geraume Zeit, nachdem diese auf-

[1] Im Winter scheint nicht nur die Erregbarkeit, sondern auch die Deprimirbarkeit der Frösche eine andere zu sein, als im Sommer. Winterfrösche bedürfen viel grösserer, beinahe tödtlicher Dosen von Chloralhydrat, um reflexlos zu werden, und hierin liegt abermals eine Veranlassung, derartige Versuche vorzugsweise an Sommerfröschen anzustellen.

gehört haben, kann man den Frosch an der einen Hinterpfote ergreifen, und kopfabwärts in die Luft hängen lassen, ohne dass er durch Flexion des betreffenden Beines reagirt. Erst wenn diese Probe gelingt, darf man die Reflexe im Allgemeinen für unterdrückt ansehen. Nun wird die Haut von einem Hinterbein abpräparirt (nicht herabgerissen) und dann der *Nervus ischiadicus* vom Austritt aus der Beckenhöhle bis unter das Kniegelenk frei präparirt, und zwar mit äusserster Schonung. Die nun folgenden Operationen sind möglichst rasch und ohne die mindeste Zerrung oder Quetschung der Nerven auszuführen. Sie bestehen in der Entfernung der ganzen Musculatur des Oberschenkels, in der Durchschneidung des Femur etwa in der Hälfte seiner Länge und in der Enucleation des oberen Stückes aus der Pfanne des Beckens. Ferner in der Einführung des einen spitzen Endes eines *S*-förmigen Häkchens in die Achillessehne, in der Ablösung des *Musculus gastroknemius* von der Tibia und der Durchtrennung dieses Knochens dicht unter dem Kniegelenk. Der Frosch hat nun von seinem einen Bein nichts mehr übrig, als den *Nervus ischiadicus* sammt dem *Musculus gastroknemius*, das Kniegelenk mit einem kurzen Stückchen Tibia und einem langen Stück Femur. Dieses letztere wird in die Klemme des Pflügerschen Myographiums eingespannt, und das Häkchen im Muskel mit dem Hebelwerk verbunden. Der Frosch wird auf dem Tisch des Schreibapparates so gelagert, dass der Nerv beim Austritt aus der Beckenhöhle nicht geknickt ist, und in horizontaler Richtung, nur schwach nach abwärts gekrümmt, zur Muskel hinzieht.

Den unpolarisirbaren Elektroden, durch welche die reizenden Ströme zugeleitet werden sollten, habe ich folgende Form gegeben, die sich als zweckmässig bewährt hat. Die obere Fläche eines cubischen Bleiklotzes von etwa 2·5 Ctm. Seitenlänge setzt sich in eine 3 Ctm. lange, 1 Ctm. breite und 1 Mm. dicke Zunge aus Blei fort. Dicht an der Spitze ist auf die obere Fläche dieser Zunge eine 1 Ctm. hohe, 4 Ctm. lange, 4 Mm. dicke Korkleiste aufgenietet, in welcher passende horizontale Durchbohrungen zur Aufnahme von Glasröhrchen angebracht sind. Meine Röhrchen hatten etwa 2 Mm. Lumen und waren circa 4 Ctm. lang. An ihrem vom Bleiklotz abgewendeten Ende waren sie je in eine kurze feine abgekappte Spitze ausgezogen, über welche dann

die bekannten du Bois-Reymond'schen Kochsalz-Thonstiefel übergeschoben wurden. Die Röhrchen wurden wie gewöhnlich mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Zink angefüllt, und in sie amalgamirte Zinkdrähte eingesenkt, die an die zuleitenden Kupferdrähte angelöthet waren. Die Löthstellen waren mit einem Firnissüberzuge versehen, der sich auf die Zinkdrähte (bis in die Flüssigkeit herab) fortsetzte, und nur ihr unteres, etwa 1·5 Ctm. langes Ende freiliess. Die Zinkdrähte wurden in ihrer Lage im Röhrchen erhalten, durch die Federkraft der spiralförmig aufgerollten zuleitenden Kupferdrähte, welche sie so weit wie möglich in die Röhrchen hinabdrückten und ausserdem noch durch Kugeln von Klebwachs, welche sie bei ihrem Eintritt in die Röhren an deren oberen Querschnitt befestigten.

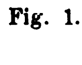
Bei den Versuchen der ersten Reihe benützte ich eine solche Zuleitungs-Vorrichtung, welche zwei Paar Elektroden trug. Die Entfernung der beiden Elektroden eines jeden Paares von einander betrug (an den Glasspitzen gemessen) 5 Mm. Die beiden inneren Elektroden waren von einander um 15 Mm. entfernt, also die beiden äusseren um 25 Mm., eine Distanz, die gestattete, die Elektroden an dem zwischen Hüftloch und Kniegelenk frei präparirten *N. ischiadicus* eines Frosches von selbst nur mittlerer Grösse bequem anzubringen.

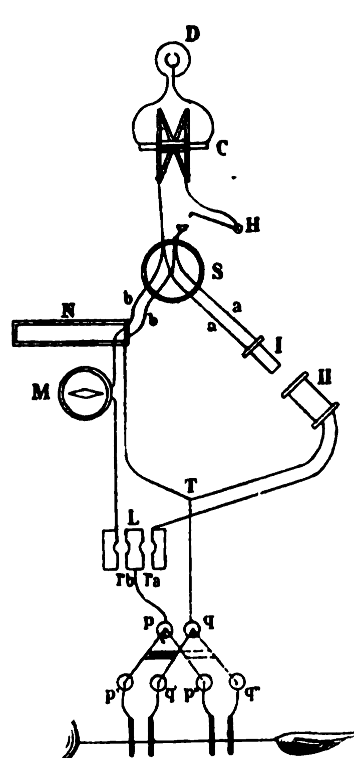
Um den reizenden Strom bald durch die einen, bald durch die anderen Elektroden dem Nerven zuzuleiten, brauchte ich bloss die Lage des kupfernen Doppelbügels pp' qq' (Fig. 1) so zu verändern, dass er bald die eben genannte, bald die in der Figur durch punktirte Linien angedeutete Stellung pp'' q q'' einnahm. p, q, p', q', p'', q'' sind 6 in einem Brette befestigte Glasnäpfchen, in welche je ein Platindraht eingeschmolzen ist, und welche mit Quecksilber gefüllt sind. Der Doppelbügel besteht aus zwei dicken Kupferdrähten, von denen jeder, durch ein Glasrohr gesteckt, darin eingekittet und nachher an beiden Enden nach derselben Seite hin rechtwinklig umgebogen ist. Die abgebogenen Enden sind amalgamirt, beide Glasröhren durch eine feste Brücke, die zugleich als Handhabe dient, miteinander verbunden.[1]

[1] Dass ich mich nicht, wie dies sonst bei ähnlichen Gelegenheiten zu geschehen pflegt, des Pohl'schen Stromwenders mit herausgenommenem

Ich habe zunächst Inductionsströme als Reize verwendet. Es wurde also der Strom eines Daniell'schen Elementes (Fig. 1 *D*) mittelst eines Fallapparates *(H)* in der primären Spirale des du Bois-Reymond'schen Schlittens *(I)* bald geschlossen, bald geöffnet. Dieser Fallapparat unterscheidet sich vom „Pflüger'schen Hammer" in keinem wesentlichen Punkte. Ich habe mir bloss die galvanische Batterie, die zur Handhabung des Pflüger'schen Instrumentes benöthigt wird, erspart, indem ich statt der magnetischen eine einfache mechanische Auslösung des gehobenen Hammers anbrachte. Der secundäre Strom ging dann von *II* über *T* nach *q* und durch das Präparat nach *p*. Von dort gelangte er an die mittlere der 3 messingenen Schienen *L*, zwischen denen bei dieser Verwendung des Apparates das Loch r_b offen, das Loch r_a hingegen gestöpselt war, und von hier ging er über r_a zur Inductionsrolle zurück. Um mich nun in jedem Momente davon überzeugen zu können, dass der reizende Strom ganz dieselben Bedingungen der Leitung antraf, ob er nun das in die Strecke p' q' oder ob er das in die Strecke p'' q'' eingeschal-

Fig. 1.





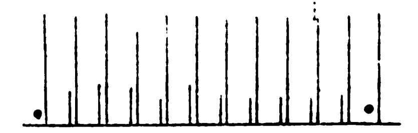
Kreuz bedient habe, hatte seinen Grund darin, dass ich mich von vorneherein gegen die Möglichkeit einer Nebenschliessung durch das Holz dieses Instrumentes schützen wollte. Eine solche Nebenschliessung musste vor allem an dieser Stelle meines Apparates vermieden werden, denn sie hätte sich, bei der von mir getroffenen Anordnung des Versuches, der Controle entzogen; und hätte doch — bei nicht vollkommener Symmetrie aller Dimensionen und Umstände am Commutator — wesentliche Unterschiede in der Stärke der beiden abgeleiteten Ströme bedingen müssen.

tete Stück des Nerven durchfloss, habe ich eine zweite Leitung zwischen dem Daniell'schen Element und dem Nerven von der ersten abgezweigt, in welcher sich ein du Bois-Reymond'sches Rheochord *(N)* und ein für Nervenströme hergerichteter Multiplicator *(M)* mit etwa 20.000 Windungen befand. Ich brauchte blos den Stromwender *(S)* von *a, a* nach *b, b* zu drehen, und den Stöpsel aus dem Loche r_a in das Loch r_b hinüberzustecken, um einen Zweigstrom des Daniell'schen Elementes zur Controle meiner Versuchsanordnung verfügbar zu haben.

Da alle diese Massregeln den von anderen Forschern schon häufig benützten, wesentlich von du Bois-Reymond und Pflüger herrührenden Vorschriften entsprechen, so brauche ich mich bei ihrer weiteren Rechtfertigung nicht aufzuhalten. Die Probe mit dem Multiplicator auf gleiche Leitung in den feuchten Theilen stellte ich immer nur zum Schluss eines Versuches, oder doch mindestens nur am Beginn einer längeren Pause, die einem Präparat gegönnt wurde, an, um vor Täuschungen durch die nach dem constanten Strome zurückgebliebene „Modification" des Nerven geschützt zu sein. Die Myogramme, die wie gewöhnlich auf Glas in Russ geschrieben waren, fixirte ich dann mit Mastixlösung und copirte sie nach einer bereits ziemlich verbreiteten Methode photographisch. Die dieser Abhandlung beigegebenen Holzschnitte von Myogrammen sind von jenen Photographien copirt.

Gleich der erste Versuch, der an einem unvergifteten Frosche mit durchschnittenen sensiblen Wurzeln angestellt wurde, bestätigte Pflüger's Erfahrungen. Ebenso der zweite, an einem mit Chloralhydrat vergifteten Frosche angestellte, dessen Myogramm ich hier abbilde. (Fig. 2.) Ebenso der dritte und der

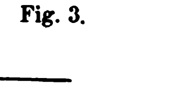
Fig. 2.

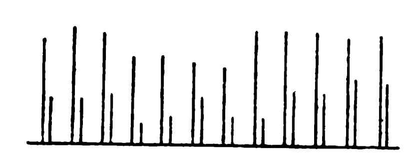


Die erste Ordinate, im Sinne des Pfeiles gezählt, ist das Bild der Zuckung, welche von den oberen Elektroden hier ausgelöst wurde. Der darauffolgende Punkt über der Abscesse bedeutet, dass bei der nun folgenden Reizung an den unteren Elektroden mit demselben Strome die Zuckung ganz ausblieb. Die nächste Ordinate entspricht wieder einer Reizung oben, die darauffolgende einer Reizung unten und sofort abwechselnd.

vierte, bei welchem ich statt der bei den drei ersten verwendeten Schliessungsinductionsströme Öffnungsinductionsströme benutzte. Der fünfte Versuch aber gab ein den ersten entgegengesetztes Resultat. Die von der höheren Stelle am Nerven ausgelösten Zuckungen waren sehr deutlich niedriger, als die von unten her erregten — und blieben so während des ganzen Versuches. (Fig. 3.) Ich war hievon natürlich sehr überrascht, denn alle Beobachtungen, welche von Anderen über diesen Gegenstand gemacht worden waren, sowie die wenigen eigenen, über die ich damals verfügte, hatten mit Einstimmigkeit die Richtigkeit der Thatsache ergeben, dass ein Nerv, höher oben gereizt, stärkere Zuckung auslöste. Streitig war nur die Deutung dieser Thatsache. Nun stand ich auf einmal vor einem Versuche, der, scheinbar in allen Bedingungen unverändert, das Gegentheil von dem ergab. Und dieser Versuch erwies sich bei der peinlichsten Prüfung als ganz vorwurfsfrei angestellt. Von diesem Tage an habe ich nun bald Resultate erhalten, die meinen fünften Versuch bestätigten, bald solche, welche mit den Pflüger'schen und meinen eigenen ersten Versuchen übereinstimmten. Dieser Wechsel war aber in seiner Willkürlichkeit ganz unerträglich. Es hat in der That etwas sehr Deprimirendes, wenn man eine geraume Zeit bloss mit der Wiederholung eines einzigen, in seinen Bedingungen schliesslich doch nicht gar so complicirten Versuches hingebracht hat und noch immer nicht zu sagen weiss, ob der Versuch, den man nun nochmals anstellt, von zwei einander entgegengesetzten Resultaten das eine oder das andere ergeben wird. Da alle bekannte Theorie erschöpft war, fing ich an, auf's Gerathewohl die Versuchsbedingungen abzuändern, und schaltete unter Anderem den Commutator *(C)* (Fig. 1) gleich nach dem Element in die Leitung ein, und änderte während des Versuches ab und zu die Richtung der

Fig. 3.





Die erste Ordinate entspricht einer Reizung von den oberen Elektroden aus, ebenso die dritte, fünfte u. s. w. Die zweite, vierte u. s. w. entsprechen Reizungen mit demselben Inductionsschlag von den unteren Elektroden aus.

reizenden Ströme im Nerven. Und hiemit war die Sache sofort erledigt.[1] Bei der einen Stromrichtung bekam ich eine Bestätigung von Pflüger's Resultaten, bei der entgegengesetzten das entgegengesetzte, und es stand von nun an in meinem Belieben, Jedermann durch einen Versuch das „lawinenartige Anschwellen“ oder das gletscherartige Abschmelzen der Reize im Nerven zu beweisen. Hatte der reizende Inductionsstrom eine im Nerven absteigende Richtung, so bewirkte er vom oberen Elektrodenpaar aus eine stärkere Zuckung als vom unteren Elektrodenpaar aus; hatte derselbe Strom eine im Nerven aufsteigende Richtung, so bewirkte er vom unteren Elektrodenpaar aus eine stärkere Zuckung als vom oberen Elektrodenpaar aus.

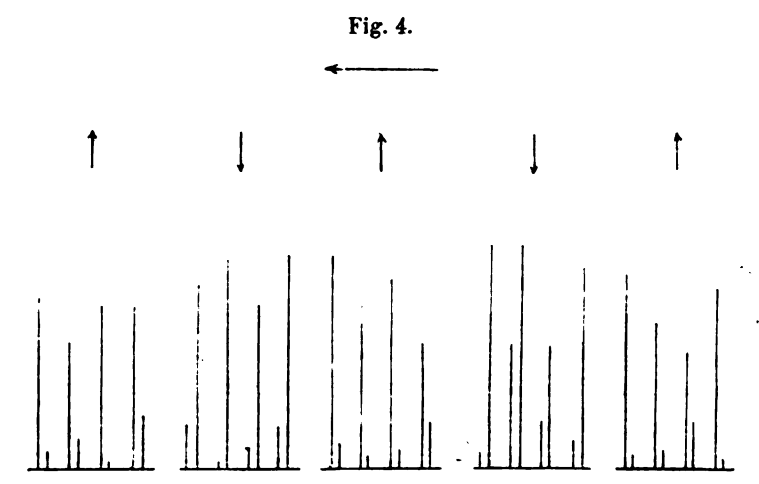
Leicht findet man diejenige Stromstärke heraus, bei welcher der Unterschied der stärkeren von der schwächeren Zuckung die ganze Grösse der maximalen Zuckung beträgt, bei welcher also der aufsteigende Strom von den oberen Elektroden aus, und der absteigende von den unteren aus gar keine Zuckung mehr bewirken; während derselbe aufsteigende Strom von den unteren Elektroden aus und derselbe absteigende von den oberen aus den Muskel zur grössten Verkürzung reizen, die überhaupt ein einmaliger elektrischer Reiz an ihm hervorzubringen vermag.

Um den Versuchen, welche dies zeigen, eine möglichst anschauliche Form zu geben, richte ich sie folgendermassen ein. Nachdem die richtige Stromstärke gefunden ist, wird eine frische berusste Glastafel eingeschoben, und diese in der Weise beschrieben, dass die erste Ordinate einer Reizung von den oberen Elektroden aus, die zweite einer von unten, die dritte wieder einer von oben entspricht, und sofort alle Ordinaten mit ungeraden Ordnungsnummern: Reizungen von oben, alle mit geraden Ordnungsnummern: Reizungen von unten. So schreibt man eine Gruppe von z. B. acht Zuckungen. Dann unterbricht man die Abscisse, indem man die Tafel unter der zurückgezogenen Schreibspitze eine kleine Strecke weit fortschiebt, kehrt die Rich-

[1] Offenbar hatten auch bei meinen früheren Versuchen gelegentlich, wenn die Apparate wieder frisch zusammengestellt wurden, solche (unbeabsichtigte und unberücksichtigte) Wechsel in der Stromrichtung stattgefunden.

tung des Stromes in der primären Spirale um, und schreibt nun eine der ersten ganz analog eingerichtete Gruppe, dann unterbricht man wieder die Abscisse, wendet den Strom u. s. w. — Eine Suite von fünf solchen Gruppen zeigt Fig. 4. Je zwei

Fig. 4.



Der horizontale Pfeil bedeutet wieder die Richtung, in welcher das Myogramm zu lesen ist. Der verticale Pfeil über jeder Gruppe zeigt die Richtung des reizenden Stromes im Nerven, während die Gruppe geschrieben wurde. Die 1., 3., 5., 7. Ordinate jeder Gruppe entsprechen Reizungen von den oberen Elektroden aus, die 2., 4., 6., 8. Ordinate entsprechen Reizungen mit demselben Strom von den unteren Elektroden aus.

benachbarte Gruppen stellen dann gleichsam Spiegelbilder von einander dar. Mit der Umkehrung der Stromesrichtung wird die überwiegende Reizbarkeit von dem Ort des einen Elektrodenpaares an den des anderen übertragen.

Die Regelmässigkeit, mit welcher die Erscheinungen in der beschriebenen Weise auftreten, ist höchst bemerkenswerth. Mir ist bis jetzt noch kein Ausnahmsfall vorgekommen.

Mitunter, wenn der Nerv bei der Präparation etwas gezerrt oder gedrückt wurde, geht dem Eintreten unseres Gesetzes eine kurze Periode der Unordnung voran, die aber jedesmal, wenn der Nerv nicht sichtlich arg verletzt ist, bald weicht, und dem normalen Verhalten Platz macht. Aus anderen Versuchen, welche in späteren Abschnitten dieser Schrift ihren eigentlichen Platz finden werden, will ich hier anticipiren, dass man zu ganz denselben Resultaten kommt, wenn man mit constanten Strömen

statt mit inducirten reizt, und dass man ebenfalls zu denselben Resultaten gelangt, wenn man statt vier nur zwei Elektroden anwendet, und diese am Nerven verschiebt. Ebenso will ich hier nur erwähnen, dass man abermals zu denselben Resultaten kommt, wenn man mitten im Versuch den Nerven zwischen der obersten Elektrode und dem Rückenmark zerschneidet; nur muss für diesen Fall meistens eine andere passende Reizstärke nach der Durchschneidung aufgesucht werden, indem durch diese die Erregbarkeit des Nerven im Ganzen alterirt wird. Im Allgemeinen setzt jedoch die Auffindung unseres Gesetzes am zerschnittenen Nerven die Anwendung gewisser Vorsichtsmassregeln voraus, deren Nothwendigkeit sich aus der Berücksichtigung von Gesetzen ergibt, welche in späteren Abschnitten dieser Untersuchung dargestellt werden sollen.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass die Lehre von der Steigerung des Reizes während seines Verlaufes durch den Nerven, ebenso wie die Lehre von der an sich grösseren Reizbarkeit centraler gelegener Nervenstellen gegenüber mehr peripher gelegenen, ungiltig sind für den lebenden, ganzen Nerven, für das, was ein Physiologe „Nerv" nennen sollte, im Gegensatz zu „Nervenrudiment".

Unter Reiz ist hier immer nur ein elektrischer Reiz gemeint. Freilich sind weitaus die meisten Versuche in dieser Richtung mit elektrischen Reizen angestellt worden, aber Pflüger hat sich auch chemischer Reize bedient, und mit ihrer Hilfe sein Gesetz bestätigen können. Ich musste demnach darauf bedacht sein, chemische Reize auf „ganze" Nerven anzuwenden. Den elektrischen Reizen gegenüber hatte der Nerv eine Art von Polarität gezeigt, welche in einem bestimmten Zusammenhange stand mit der Polarität des Reizmittels. Eine solche Polarität des Reizes (die der Umkehr der Stromesrichtung entspräche) ist nun an einem Kochsalztropfen keineswegs herzustellen, und desshalb darf man gerade in dieser Frage den Versuchen mit chemischer Reizung eine ganz besondere Bedeutung beimessen, wie dies auch von Pflüger geschieht.

Ich liess mir nun zwei Bleiklötzchen machen, ganz in der Art, wie ich sie als Elektrodenträger verwende, ebenfalls jedes mit einer langen dünnen Zunge als Fortsetzung der oberen

Fläche. Vorne war auf die obere Fläche jeder Zunge ein ganz kleines oben offenes Kästchen aus Hartgummi aufgekittet. Das Kästchen ist oblong, der Zunge parallel gestellt mit seinen längeren Wänden. Diese sind im Lichten 6 Mm. lang und 4 Mm. hoch. Die kurzen Wände sind 3 Mm. lang. Die Wandstärke betrug kaum 1 Mm. An zwei einander gegenüberliegenden Stellen sind die langen Wände mit je einem 2 Mm. tiefen, 1 Mm. breiten, unten ausgerundeten Einschnitt versehen, dessen Wände mit Unschlitt überzogen sind. Legt man einen Schenkelnerven vom Frosch mit Benützung dieser beiden Einschnitte quer durch das Kästchen, und füllt es nachher mit einer wässerigen Flüssigkeit, so benetzt diese den Nerven nur an seinem im Kästchen liegenden Antheil und kriecht nicht an ihm heraus, wenn man nicht zu viel von der Flüssigkeit eingefüllt hat.

Den Frosch richte ich folgendermassen her. Sobald er in Chloralschlaf gefallen ist, präparire ich beide Oberschenkel bis auf die Nerven ganz weg, und zwar so, dass ich an dem einen anfange, nach ein paar Schnitten den anderen in Angriff nehme, bald zum ersten zurückkehre, und so abwechselnd fort, bis nur mehr die Nerven übrig sind. (Die Haut unterhalb des Kniegelenkes wird nicht abzogen.) Auf die Art sind die beiden Nerven fast gleichzeitig frei präparirt, und nun wird jeder von ihnen durch eines der oben geschilderten Kästchen gelegt, ohne Spannung oder Druck; der eine bei seinem Austritt aus dem Becken, der andere tief unten. Nun werden aus einer feinen Pipette die beiden Kästchen mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllt, und es wird die feuchte Kammer, auf deren Boden der so hergerichtete Frosch liegt, geschlossen. Ich habe die Zeit des Beginnes der Benetzung mit Kochsalz, die des Auftretens der ersten Zuckungen, und die des Eintrittes des *Tetanus* für beide Beine notirt, und bin bei allen meinen Versuchen zu dem Resultate gelangt, dass kein bedeutender, jedenfalls aber kein regelmässiger Unterschied zwischen diesen Zeiten für die beiden Beine existirt. Meistens lag keine halbe Minute zwischen dem Ausbruch des *Tetanus* auf der einen und auf der anderen Seite, nur in einem einzigen Falle betrug der Unterschied $2^1/_2$ Minuten und dieser Unterschied war nicht im Sinne einer grösseren Reizbarkeit der höher gelegenen Stelle, sondern im entgegengesetzten.

Nach den ersten paar Versuchen ward ich auf einen Einwand aufmerksam, der sich auf die raschere Diffusion an der unteren Stelle stützen könnte. Eine solche raschere Diffusion würde die Folge davon sein können, dass der Nerv im untersten Theile seines Verlaufes im Oberschenkel sich spaltet. Die beiden Äste bieten aber eine grössere Oberfläche, vielleicht auch eine dünnere Scheide als der ungetheilte Stamm. Desshalb habe ich in allen folgenden Versuchen die untere Reizstelle immer gerade über die Theilungsstelle des Nerven gelegt. Ein Theil dieses Einwandes bleibt auch so noch bestehen, wegen der Äste für die Oberschenkelmuskeln, welche der Nerv bald nach dem Austritt aus dem Becken abgibt, aber ich glaube nicht, dass irgend Jemand den hieraus folgenden Unterschied in der Diffusionsgeschwindigkeit und den ganzen Effect so hoch veranschlagen wird, dass hiedurch die untere Reizstelle der oberen um so viel voraneilt, dass der von Pflüger behauptete Unterschied aufgehoben wird. Übrigens sind ja diese beiläufig 7 Minuten, um welche Pflüger's Präparate im Durchschnitt früher tetanisch wurden, wenn er sie statt unten: oben mit Kochsalz ätzte, unter ganz denselben physikalischen Bedingungen gewonnen worden, welche auch bei meinen Versuchen walteten, also trotz jener rascheren Diffusion an der unteren Stelle. Dass ich keinen Unterschied im Durchschnitt, und einen sehr kleinen im einzelnen Fall bekam, muss also wohl daher rühren, dass von vorneherein kein Unterschied in der Reizbarkeit der beiden Nervenstücke vorhanden war, vielmehr ein solcher erst durch die bisher übliche Versuchsmethode geschaffen wurde.

Ich halte mich nach den in diesem Abschnitt mitgetheilten Erfahrungen für berechtigt, folgende Sätze auszusprechen:

Für chemische Reize sind die Nerven an allen Stellen ihres Verlaufes gleich empfindlich.

Für elektrische Reize sind die Nerven an hochgelegenen Stellen empfindlicher als an tiefgelegenen, wenn die reizenden Ströme in ihnen eine absteigende Richtung haben; sie sind aber an tiefgelegenen Stellen empfindlicher, als an hochgelegenen, wenn die Ströme in ihnen eine aufsteigende Richtung haben.

Die Lehre vom Anschwellen der Reize im Nerven ist unhaltbar.

Wie bereits mehrfach von mir angedeutet wurde, stellt diese Abhandlung nur den ersten Theil einer grösseren Untersuchung dar. Die folgenden Theile werden sich mit einer genaueren Analyse der im ersten Theile aufgedeckten Eigenthümlichkeit der Nerven, mit der Untersuchung der Einwirkung constanter Ströme, mit der Aufstellung eines neuen Zuckungsgesetzes, mit einer Revision der Lehre vom Elektrotonus und schliesslich mit der Erforschung jenes Zusammenhanges beschäftigen, welcher zwischen der Steilheit des An- oder Abschwellens eines elektrischen Stromes und seiner Einwirkung auf lebende Nerven besteht. Bei der Erledigung dieses letzten Punktes wird ein von mir construirter Apparat in Anwendung kommen, welcher die Herstellung merklich linearer Stromesschwankungen ermöglicht.

Nun ist zwar ein grosser Theil der Versuche schon gemacht, welche diesen weiteren Mittheilungen zu Grunde liegen müssen, doch bin ich in ihrer Fortsetzung durch den Eintritt der kalten Jahreszeit einigermassen aufgehalten; denn wenn man sich in irgend einer nervenphysiologischen Frage ausschliesslich auf Versuche stützen wollte, welche an Winterfröschen gemacht sind, so wäre man billigen Einwänden ausgesetzt. Ich bin also genöthigt, die Ergebnisse meiner Methode bezüglich der angedeuteten Fragen in später zu publicirenden Abschnitten dieser Untersuchung mitzutheilen.

XXVII. SITZUNG VOM 16. DECEMBER 1875.

Die Direction der k. k. deutschen Realschule in Karolinenthal bei Prag und der Ortsschulrath der Stadt Wischau in Mähren übersenden Dankschreiben für die ihnen bewilligten akademischen Publicationen.

Das c. M. Herr Prof. Pfaundler in Innsbruck übersendet eine Abhandlung: „Über Differential-Luftthermometer".

Das w. M. Herr Dr. F. Steindachner überreicht die IV. Abtheilung seiner „Ichthyologischen Beiträge."

Herr A. v. Obermayer legt eine Abhandlung vor: „Über das Abfliessen geschichteten Thones an eindringenden Körpern."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. 2[do] Semestre 1874. Vicenza; 8⁰.

Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon: Mémoires. 3ᵉ Série. Tome Iᵉʳ, Année 1871—1873. Dijon, Paris, 1873; 8⁰.

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juni, Juli & August 1875. Berlin; 8⁰.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1875; 8⁰.

Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVII. Theil, 2. Heft. Leipzig, 1875; 8⁰.

Ateneo di Brescia: Commentari per gli anni 1870—1873. Brescia, 1874; 8⁰.

Becher, Ernst, Die österreichische Seeverwaltung 1850—1875. Triest, 1875; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nr 22. Paris, 1875; 4°.

Garbich, N., Das mechanische Dromoskop. Triest, 1875; 8°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XXI, Aflev. 3.—4; Deel XXII, Aflev. 1—3. Batavia, & 's Hage, 1874; 8°. — Notulen. Deel XII. 1874, Nr. 1—3. Batavia, 1874; 8°.

Gesellschaft, Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 17. Berlin, 1875; 8°.

— Schlesische, für vaterländische Cultur: LII. Jahres-Bericht. Breslau, 1875; 8°. — Fest-Gruss an die 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Breslau, den 18. September 1874. 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. X. Band, Nr. 23, Wien, 1875; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1875; 4°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. Von Alex. Naumann. Für 1873. 2. Heft. Giessen, 1875; 4°.

Landbote, Der steirische. 8. Jahrgang, Nr. 24—25, Graz, 1875; 4°.

Nature. Nr. 319, Vol. XIII. London, 1875; 4°.

Reden, gehalten bei der feierlichen Inauguration des für das Schuljahr 1875/76 gewählten Rectors der k. k. technischen Hochschule, Carl Jenny, am 11. October 1875. 8°.

— gehalten bei der am 12. October 1875 erfolgten feierlichen Inauguration des für das Studienjahr 1875/76 gewählten Rectors der k. k. Hochschule für Bodencultur, Dr. F. X. v. Neumann-Spallart. Wien, 1875; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. Ve Année, 2e Série. Nr. 24. Paris, 1875; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 3° (Vol. II.) Modena, 1875; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1875. Disp. 10^a. Palermo; 4°.

Société d'émulation d'Abbeville: Mémoires: 3e Série. Ier Vol. (1869—1872.) Abbeville, 1873; 8°.

— de Médecine et de Chirurgie de Bordeaux: Mémoires et Bulletins. 1er & 2e fascicules. 1875. Paris, Bordeaux; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 2. 1875; Part II, Nr. 1. 1875, & Extra Number. August 1875. Calcutta & Hertford; 8°. — Proceedings. 1875. Nrs. VI—VIII. Calcutta; 8°. — Biblioteca Indica. New Series. Nrs. 310, 311, 316, 317—320, 321—326. Calcutta, 1875; 4° & 8°.

— The Royal of New South Wales: Transactions. For the Year 1874. Sydney, 1875; 8°.

Special-Karte der österr.-ungar. Monarchie im Masse von 1 : 75000. (23 Blätter.) Wien, 1875; Folio.

Vereins-Kalender, Österreichisch-schlesischer, für das Jahr 1876. Teschen, 1875; 8°.

Verwaltungs- und Zustandsbericht der kaiserlichen Universität Wien für die Studienjahre 1873/74 u. 1874/75. Wien, 1875; gr. 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1875; 4°.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Redigirt von C. G. Giebel. Neue Folge. 1875. Band, XI. Berlin; 8°.

XXVIII. SITZUNG VOM 30. DECEMBER 1875.

Die Direction der Communal-Oberrealschule zu Trautenau dankt mit Zuschrift vom 26. December für die dieser Lehranstalt bewilligten akademischen Publicationen.

Das w. M. Herr Prof. E. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Untersuchung des physiologischen Tetanus mit Hilfe des stromprüfenden Nervmuskelpräparates", von Herrn Dr. J. J. Friedrich aus New-York.

Das c. M. Herr Prof. E. Mach in Prag übersendet eine Mittheilung: „Über die Construction eines Rotationsapparates mit optischer Aufhebung der Rotation."

Herr A. v. Frank, Professor an der Gewerbeschule in Graz, übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: „Construction der Wellenfläche bei der Brechung eines homocentrischen Strahlenbündels an einer Ebene."

Das w. M. Herr Dr. C. Jelinek legt zwei Holosteriques aus einer Reihe ähnlicher Instrumente, welche nach seiner Angabe von den Herren Naudet & Comp. in Paris mit einer zweiten oder Höhenscala versehen worden sind, zur Ansicht vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo XII, Entrega 135—136. Habana, 1875; 8°.

Academy of Natural Sciences of Philadelphia: Proceedings. 1874. Parts I—III. Philadelphia, 1874 & 1875; 8°.

— of Science of St. Louis: Transactions. Vol. III. Nr. 2. St. Louis, 1875; 8°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVIII, Sess. 7ª. Roma, 1875; 4°.

American Association for the Advancement of Science. XXIII Meeting, held at Hartford, Conn. August 1874. Salem, 1875; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 13. Jahrgang, Nr. 36. Wien, 1875; 8⁰.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2064—2068. (Bd. 86. 24; Bd. 87. 1—4.) Kiel, 1875; 4⁰.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. Tome LIV, Nr. 215. Genève, Lausanne, Paris, 1875; 8⁰.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II. Part III, Nrs. III—V; Vol. II. Part IV, Nr. I. Boston, 1874—1875; 4⁰. — Proceedings. Vol. XVI. Parts III—IV; Vol. XVII, Parts I—II. Boston, 1874 & 1875; 8⁰. — Jeffries Wymann. Memorial Meeting. October 7, 1874; 8⁰.

Buffalo Society of Natural Sciences: Vol. II, Nr. 4. Buffalo, 1875; 8⁰.

Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories. Bulletin, Nrs. 2 & 3. — Second Series. Washington, 1875; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXXI, Nrs. 23—24. Paris, 1875; 4⁰.

Essex Institute: Bulletin. Vol. VI. 1874. Salem, Mass., 1875; 8⁰.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVIII (neuer Folge VIII), Nr. 11. Wien, 1875; 8⁰.

— für Salzburger Landeskunde: Mittheilungen. XV. Vereinsjahr 1875. Salzburg; gr. 8⁰.

— Deutsche Chemische, zu Berlin: Berichte. VIII. Jahrgang, Nr. 18. Berlin, 1875; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXVI. Jahrgang. Nr. 51—52. Wien, 1875; 4⁰.

Landbote, Der steirische. 8. Jahrgang, Nr. 26. Graz, 1875; 4⁰.

Nature. Nr. 320, Vol. XIII. London, 1875; 4⁰.

Naval Observatory, United States: Astronomical and Meteorological Observations made during the Year 1872. Washington, 1874; 4⁰.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Abhandlungen. VI. Band, 2. Heft, Band VII, Heft Nr. 3. Wien, 1875; folio. — Jahrbuch. Jahrgang 1875, XXV. Band. Nr. 3. Wien; 4⁰. — Verhandlungen. Jahrgang 1875, Nr. 15. Wien; 4⁰.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXV. Band, Jahrgang 1875. December - Heft. Wien; 8°.

Repertorium für Experimental-Physik etc., von Ph. Carl. XI. Band, 5. Heft. München, 1875; 8°.

Report of the Meteorological Reporter to the Government of Bengal. Meteorological Abstract for the Years 1867—1874. Calcutta, 1868—1875; Folio. — Administration Report for the Years 1870—1875. Folio.

— of the Midnapore and Burdwan Cyclone of the 15th and 16th of October 1874. By W. G. Wilson. Calcutta, 1875; Folio.

— on the Hygiene of the United States Army with Descriptions of Military Posts. Washington, 1875; 4°.

Reports, Monthly, of the Departement of Agriculture for the Year 1874. Washington, 1875; 8°.

Reuschle, C. G., Tafeln complexer Primzahlen, welche aus Wurzeln der Einheit gebildet sind. Berlin, 1875; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". V• année, 2• Série, Nrs. 25—26. Paris, 1875; 4°.

Smithsonian Institution: Annual Report of the Board of Regents. For the Year 1873. Washington, 1874; 8°.

Società Adriatica di Scienze naturali in Trieste: Bollettino. Anno, 1875, Nr. 6. Trieste; 8°.

Société Géologique de France: Bulletin. 3e Série. Tome IIe. 1874. Nr. 8. Paris, 1873 à 1874; 8°.

— Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. Nrs. 39—42. 3e Année. 1875. Amiens; 8°.

Verein für Erdkunde zu Dresden: XII. Jahresbericht. Dresden, 1875; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXV. Jahrgang, Nr. 51—52. Wien, 1875; 4°.

Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters: Transactions. Vol. II. 1873—4. Madison, Wis., 1874; 8°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVII. Jahrgang, XVII. Heft. Wien, 1875; 4°.

Untersuchung des physiologischen Tetanus mit Hilfe des stromprüfenden Nervmuskelpräparates.

Nach Versuchen von Dr. med. **J. J. Friedrich** aus New-York,

mitgetheilt von Prof. **E. Hering** in Prag.

In seiner Abhandlung über „Muskelbewegung" in Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie (III. Bd., II. Abth. S. 12) bemerkte Ed. Weber Folgendes:

„Die Thatsache, dass schnell sich folgende Zuckungen sich zu einer anhaltenden und stetigen Contraction vereinen, und letztere sogar nur auf diesem Wege hervorgebracht werden kann, lässt vermuthen, dass auch die anhaltenden Contractionen, welche durch Willenseinfluss vom Gehirne ausgehen, auf ähnliche Weise, d. h. nicht durch stetige, sondern stossweise Einwirkung auf die Nervenursprünge im Gehirn und Rückenmarke zu Stande kommen. Wir bemerken daher auch, dass, wenn die Thätigkeit des Gehirnes und Rückenmarkes durch Lähmung, Alter oder auch durch Ermüdung geschwächt ist, die Muskelzusammenziehungen ebenso unvollkommen stetig und daher zitternd werden, wie wenn man den Rotationsapparat zu langsam umdreht und daher die Stösse sich nicht häufig genug folgen lässt".

Dieser Auffassung trat du Bois-Reymond bei. Aus dem secundären Tetanus folgert er, dass der Muskelstrom eines künstlich vom Nerven her tetanisirten Muskels Schwankungen erleidet, deren Rhythmus demjenigen der Schwankungen des erregenden Stromes entspricht. Er betrachtet desshalb nicht nur den künstlichen Tetanus als discontinuirlich, sondern hält es überhaupt für „fraglich, ob irgend eine anscheinend stetige Zusammenziehung wirklich continuirlicher Art sei, oder ob sie nicht vielmehr stets, gleich der elektrischen, aus einer schnell aufeinander folgenden Reihe augenblicklicher Wirkungen sich zusammensetze". (Untersuch. über thier. Elektricität II. S. 90.)

Contraction ist eine sehr bedeutende. Der *M. gastrocnemius* eines kräftigen Frosches hob z. B. beim Öffnungstetanus nach aufsteigendem Strome 500 Grm. mehrere Millimeter hoch, ja selbst 1000 Grm. noch um Bruchtheile eines Millimeters und hielt dieselben 3 Sec. lang auf gleicher Höhe.

Gleichviel nun, welche Ansichten man über die eigentliche Ursache eines solchen Tetanus hat, so beweist derselbe doch sicher soviel, dass ein Muskel auch ohne intermittirende Reize vom Nerven her in Tetanus versetzt werden kann. Wenn der Schliessungstetanus noch allenfalls den, übrigens auch nicht gerechtfertigten Einwand übrig liesse, dass der angewandte Strom kein stetiger sei, sondern durch einen an irgendwelcher Übergangsstelle sich periodisch mehrenden und mindernden Widerstand oscillatorisch werde, so wäre doch ein solcher Einwand beim Öffnungstetanus gänzlich ausgeschlossen.

Um zu untersuchen, ob der Muskel sich bei einem solchen scheinbar ganz ruhigen Tetanus wirklich in einem stetigen, oder aber in einem unsichtbar oscillatorischen Zustand befindet, bieten sich drei Methoden, die optische, die akustische und die elektrische. Herr Friedrich hat sich im Wesentlichen auf letztere beschränkt, und sich insbesondere die Aufgabe gestellt, mit Hilfe der secundären Zuckungen, eventuell des secundären Tetanus, einigen Aufschluss über den elektrischen Zustand des durch Schliessung oder Öffnung eines Kettenstromes tetanisirten Muskels zu gewinnen.

Von vornherein könnte man meinen, dass ein Schliessungs- oder Öffnungstetanus, falls er auf einem oscillatorischen Zustande der Muskelsubstanz beruht, ebensogut secundären Tetanus geben müsse, wie die durch intermittirende Reize herbeigeführte Muskelcontraction. Indessen lehrt eine kurze Überlegung das Ungenügende eines solchen Analogieschlusses.

Der *M. gastrocnemius* z. B. wird nicht von einer, sondern von vielen motorischen Fasern versorgt. Jede einzelne Nervenfaser des *Nervus ischiadicus* ist sammt allen den Muskelfasern, mit denen sie mittelst ihrer Endäste in Verbindung steht, als ein gesondertes Nervmuskelpräparat anzusehen. Dass alle diese Einzelpräparate durch Zwischengewebe äusserlich zu einem einzigen verbunden sind, ändert im Wesentlichen nichts. Wir

haben in einem solchen Präparate nicht ein, aus einem gemeinsamen Centrum beherrschtes Organ vor uns, sondern jede Nervenfaser bildet sammt den ihr zugehörigen Muskelfasern in functioneller Beziehung ein Sonderwesen, und es liegt keine zwingende Veranlassung vor, anzunehmen, dass die hypothetischen Oscillationen jedes einzelnen Faserbündels den Oscillationen aller andern genau entsprechen und also die Schwingungen sämmtlicher Fasern des Muskels isochron sein müssen. Anders verhält sich's mit dem durch Stromschwankungen tetanisirten Nervmuskelpräparate. Hier trifft jeder einzelne elektrische Stoss sämmtliche Nervenfasern gleichzeitig, und dem entsprechend sind auch die Schwingungen der Muskelsubstanz und die Schwankungen des Muskelstromes in allen Theilen des Muskels isochron.

Wären also die Fasern des im Schliessungs- und Öffnungstetanus begriffenen Muskels in einem oscillatorischen Zustande, und entspräche diesen Oscillationen eine gleiche Zahl von Schwankungen ihres elektrischen Zustandes, so wäre doch kaum zu erwarten, dass diese elektrischen Schwankungen in allen Faserbündeln isochron verlaufen würden.

Ist dies aber nicht der Fall, so kann am Gesammtstrome des Muskels nur die Resultante der nicht gleichzeitigen elektrischen Einzelschwankungen zum Ausdrucke kommen.

Diesenfalls wäre also nur eine secundäre Zuckung beim Beginn oder beim plötzlichen Abschluss des Tetanus, beziehungsweise bei beiden zu erwarten, keineswegs aber ein secundärer Tetanus.

Ist dagegen der Muskel während eines äusserlich ruhigen Schliessungs- oder Öffnungstetanus auch innerlich in einem stetigen Zustande, und ist also diese Art des Tetanus nur als eine „sehr gedehnte Zuckung“ anzusehen, so wäre ebenfalls nur secundäre Zuckung, und zwar insbesondere beim Beginn des Tetanus zu erwarten. Ob bei plötzlichem Abschlusse des Tetanus abermals im Muskel eine elektrische Schwankung eintreten müsste, steil und gross genug, um das secundäre Präparat zu erregen, darüber liessen sich nur Vermuthungen aussprechen. Nach den jetzt herrschenden Ansichten, wäre eine solche Schwankung kaum zu erwarten.

Falls es also nicht gelingt, durch einen ruhigen Schliessungs- oder Öffnungstetanus secundären Tetanus herbeizuführen, so darf hieraus nicht geschlossen werden, dass sich der tetanische Muskel nicht in einem oscillatorischen Zustande befinde.

In der That haben die Versuche des Herrn Friedrich ergeben, dass der Schliessungs- oder Öffnungstetanus des primären Präparates nicht Tetanus des secundären Präparates herbeiführt, sondern nur secundäre Zuckung, und dass also auf diesem Wege eine Beantwortung der Frage, ob jener Tetanus stetiger oder oscillatorischer Natur ist, vorerst nicht gewonnen werden kann.

Die Versuche wurden mit dem *Musc. gastrocnem.* derart angestellt, dass sowohl der primäre als der secundäre Muskel bei mässiger Belastung vertical aufgehängt wurden und mittelst eines um eine Rolle geschlungenen Fadens einen langen an der Rolle befestigten Zeiger in Bewegung setzten, dessen Excursionen an einem Gradbogen abgelesen werden konnten.

Der Nerv des secundären Präparates wurde längs dem primären Muskel angelegt, und zwar meist so, dass das Schnittende des Nerven die Achillessehne berührte. Bisweilen wurden auch die Nerven zweier secundärer Präparate gleichzeitig an einen primären Muskel angelegt, um auf diese Weise die Zufälligkeiten besser auszuschliessen, welche insbesondere wegen der verschiedenen Erregbarkeit der Präparate ein Gelingen des Versuches vereiteln können. Die Zahl der Beobachter entsprach stets der Zahl der gleichzeitig thätigen Muskeln, und jeder Beobachter hatte einen Muskelzeiger zu beaufsichtigen.

Die Stromstärke wurde mittelst eines Rheochordes abgestuft, der Strom durch unpolarisirbare Elektroden dem Nerven des primären Präparates zugeführt und seine Schliessung oder Öffnung mit der Hand durch Eintauchen eines mit isolirendem Griffe versehenen amalgamirten Drahtendes in Quecksilber besorgt.

Herr Friedrich glaubt die Angabe Engelmann's nicht bestätigen zu können, nach welcher nur solche Präparate Schliessungstetanus geben sollen, die in Folge innerer Reize nach einiger Zeit spontan zu zucken beginnen. (Pflüger's, Archiv für Physiol., III. Jahrg. 1870, S. 403.) Für das Folgende ist es

übrigens ganz gleichgiltig, ob man den eintretenden Tetanus als Folge innerer Reize, und den Strom nur als Mittel zur Erhöhung der Erregbarkeit ansieht, oder den Strom selbst als Reiz betrachtet.

Es wurden nur solche Versuche als massgebend angesehen, bei denen der Tetanus ein so stetiger war, dass der Zeiger keinerlei Totalbewegung des Muskels verrieth.

Die Frösche wurden vor der Benützung längere Zeit im Zimmer aufbewahrt, das Austrocknen der Nerven möglichst verhütet und Präparate, welche zu spontaner Thätigkeit neigten, nicht benützt. Es gibt Präparate, welche selbst auf rasch vorübergehende Reize sich tetanisch contrahiren. Diese mussten natürlich als secundäre Präparate unbedingt verworfen werden, wenn sie auch als primäre dienen konnten.

Bei einer Übersicht der Versuchsergebnisse fällt zunächst auf, dass secundäre Zuckung viel häufiger in Folge der Schliessung als der Öffnung des Stromes auftrat, gleichviel ob dabei im primären Präparate eine Zuckung oder ein Tetanus erfolgt war. Nennen wir die nach Schliessung des Stromes eintretende Reaction des Muskels, sei sie eine blosse Zuckung oder ein Tetanus, den Schliessungserfolg, die Reaction nach der Öffnung den Öffnungserfolg, so kommen auf 183 primäre Schliessungserfolge 162 secundäre Erfolge und nur 21mal blieb der secundäre Erfolg aus; dagegen kamen auf 131 Öffnungserfolge nur 22 secundäre Zuckungen, und 109mal reagirte das secundäre Präparat nicht. Es hängt dies wohl hauptsächlich damit zusammen, dass die Reaction des Muskels sich nach der Schliessung sehr schnell und in allen Fasern synchronisch, nach der Öffnung relativ langsam und in den einzelnen Fasern verschieden schnell entwickelt.

In 132 Fällen von ruhigem Schliessungstetanus und 5 Fällen von ruhigem Öffnungstetanus wurde eine Reaction des secundären Präparates beobachtet. Diese bestand in einer mit Beginn des Tetanus eintretenden secundären Zuckung, nie in einem secundären Tetanus. Nur wenn der Schliessungstetanus des primären Präparates ein unruhiger, von Zuckungen unterbrochener war, zeigte auch das

secundäre Präparat öfters ausser der Anfangszuckung noch weitere Zuckungen.

Die secundäre Zuckung, welche in Folge eines Öffnungstetanus oder einer Öffnungszuckung eintrat, war, wie Herr Friedrich bemerkt, öfters auffällig verspätet, und zwar gerade bei solchen secundären Präparaten, welche einige Zeit nachher spontan zu zucken begannen. Solche Präparate reagirten dann auch auf einen ruhigen primären Tetanus bisweilen mit wiederholten secundären Zuckungen.

Einige Male trat der interessante Fall ein, dass ein secundäres Präparat, welches durchaus nicht spontan zuckte, die Schliessung eines starken aufsteigenden Stromes, bei welcher das primäre Präparat scheinbar in Ruhe blieb, mit einer secundären Zuckung beantwortete, während es auf den nachfolgenden Öffnungstetanus des primären Muskels gar nicht reagirte. Die Möglichkeit einer Nebenschliessung des Stromes durch das secundäre Präparat wurde durch Controlversuche ausgeschlossen, und es machte den Eindruck, als habe die Stromschliessung eine plötzliche Veränderung im primären Muskel hervorgerufen, die zwar nicht geeignet war, auch eine merkliche Verkürzung des primären Muskels herbeizuführen, wohl aber eine zur Reizung des secundären Präparates hinreichende Schwankung des Muskelstromes.

Sowohl bei aufsteigendem als bei absteigendem Strome kam es einige Male vor, dass das secundäre Präparat nicht nur den Eintritt des Schliessungstetanus mit einer secundären Zuckung beantwortete, sondern auch das mit der Öffnung des Stromes eintretende plötzliche Ende dieses Tetanus, ohne dass das primäre Präparat bei dieser Öffnung gezuckt hatte.

Kräftige secundäre Zuckungen beim Ende eines primären Tetanus ohne eine gleichzeitige Contraction des primären Muskels wurden ferner in einigen Fällen dadurch erzielt, dass der Schliessungstetanus bei absteigendem Strome nicht durch blosse Öffnung, sondern durch Wendung des Stromes beendigt wurde. Das secundäre Präparat reagirte hierbei auf den Beginn des Schliessungstetanus mit einer Zuckung und zuckte dann

nochmals bei der Wendung des Stromes, obwohl das primäre Präparat in den betreffenden Fällen hiebei keine Zuckung zeigte, sondern lediglich rasch erschlaffte.

Diese verschiedenen Fälle von secundärer Zuckung ohne gleichzeitige merkliche Verkürzung des primären Präparates verdienen eine weitere Untersuchung. Herr Friedrich zieht aus denselben vorerst nur den Schluss, dass im Muskel plötzliche Schwankungen des Muskelstromes ohne begleitende merkliche Verkürzung des Muskels auch dann vorkommen können, wenn der Muskel an der Verkürzung gar nicht verhindert ist.

Lässt man den *Nervus ischiadicus* längs seinem eigenen *Musc. gastrocnemius* herabhängen, so dass er der ganzen Länge dieses Muskels einige Zeit anliegt, und hebt ihn dann plötzlich ab, so verfällt der Muskel bisweilen in einen kräftigen Öffnungstetanus. Herr Friedrich legte auch an solche Muskeln den Nerven eines zweiten Präparates, dessen Muskel am Muskelzeiger befestigt war. So oft der Nerv des primären Präparates abgehoben wurde, beantwortete das secundäre Präparat den Beginn des Öffnungstetanus mit einer Zuckung, erschlaffte aber sofort wieder und blieb während der ganzen Dauer des Tetanus erschlafft.

Alle diese Versuche haben also zu dem Ergebnisse geführt, dass es nicht möglich ist, durch den Schliessungs- oder Öffnungstetanus einen secundären Tetanus zu erzeugen, immer vorausgesetzt, dass das secundäre Präparat nicht von vornherein zu denen gehört, welche ganz besonders zum Tetanus geneigt sind. Vielmehr hat der durch den constanten Strom erzeugte Tetanus bei seinem Beginne und in vereinzelten Fällen auch bei seinem plötzlichen Abschluss nur eine secundäre Zuckung zur Folge. Wie schon oben gezeigt wurde, war dies nicht anders zu erwarten. Denn wenngleich der durch Schliessung oder Öffnung eines Kettenstromes tetanisirte Muskel sich in einer oscillatorischen Thätigkeit befände, so wäre doch kaum anzunehmen, dass die Oscillationen aller Fasergruppen des Muskels isochron sein müssten, abgesehen von anderen Gründen schon desshalb nicht,

weil der Strom durchaus nicht in allen Nervenfasern dieselbe Dichte haben kann.

Anders verhält es sich mit dem natürlichen Tetanus. Da bei demselben alle Fasern des Nerven und Muskels aus einem gemeinsamen Centrum erregt werden, so liesse sich eher eine synchronische Action sämmtlicher Fasern denken, vorausgesetzt, dass das Centrum, von dem die Erregung ausgeht, wirklich als eine mehr oder minder geschlossene Einheit angesehen werden darf. Eine besondere Art des natürlichen Tetanus ist der in Folge einer Strychninvergiftung eintretende Krampf, insoferne auch er durch das centrale Nervensystem vermittelt wird. Herr Friedrich stellte sich desshalb die Aufgabe, den Strychnintetanus in ähnlicher Weise wie den Schliessungs- und Öffnungstetanus zu untersuchen.

Es wurde eine grosse Reihe von Versuchen an Fröschen, Kaninchen und Meerschweinchen angestellt, und meist der Wadenmuskel als primärer Muskel benützt. Die Bewegungen des primären Präparates wurden in vielen Fällen am Kymographion verzeichnet, die des secundären Froschmuskels durch den Muskelzeiger controlirt. Um den Nerven des secundären Muskels zu schonen, wurde derselbe häufig erst beim Ausbruch der Krämpfe auf den Muskel des vergifteten Thieres gelegt. Secundäre Präparate, welche schon beim Auflegen ihres Nerven auf den ruhenden Muskel in dauernde Unruhe geriethen, wurden als unbrauchbar verworfen.

Einzelne Zuckungen nun, welche dem Ausbruche des eigentlichen Tetanus vorangingen, gaben häufig secundäre Zuckungen; ein ganz ruhiger Tetanus dagegen gab, wenn nicht, wie häufig, jeder Erfolg ausblieb, stets nur bei seinem Beginne secundäre Zuckung, nie secundären Tetanus. War der primäre Tetanus, wie meistens der Fall, unruhig und klonisch, so gab auch das secundäre Präparat öfters wiederholte Zuckungen.

Das häufige Ausbleiben jedes secundären Erfolges, also auch der secundären Zuckung, obwohl das primäre Präparat sich in einem stetigen Tetanus befand, hebt Herr Friedrich besonders hervor. Dass es seinen Grund nicht in der Art hatte, wie der secundäre Nerv auf den Muskel lag, ging auch aus Controlversuchen hervor, bei welchen der primäre Muskel vom

Nerven aus künstlich tetanisirt wurde: selbst ein schwacher primärer Tetanus gab dann fast immer secundären Tetanus.

Die Ergebnisse der angeführten Versuche stehen in Einklang mit denen, welche du Bois-Reymond erhielt, wenngleich der Letztere dieselben etwas anders auffasste. Er gibt darüber Folgendes an: „Gelingt der Versuch gut, d. h. kommt der Tetanus zur rechten Zeit und mit hinlänglicher Kraft zu Stande, so sieht man den stromprüfenden Schenkel in einer zusammenhängenden, obwohl nicht dichtgedrängten Reihe schwacher Zuckungen begriffen. Häufig freilich bleibt er in Ruhe“ .... „Uebrigens bedarf es kaum des stromprüfenden Froschschenkels; das Zittern der tetanisch ausgespannten Muskeln selber ist schon dem Auge leicht bemerklich. Auch löst sich der Strychnintetanus bei seinem Nachlassen schliesslich in eine Reihe einzelner immer seltener werdender Stösse auf. Dieser Krampf ist somit gleich dem elektrischen und wahrscheinlich auch den meisten anderen tetanischen Zusammenziehungen wirklich unterbrochener Natur.“ (L. c. II. Bd. S. 515.)

Du Bois-Reymond fasst also „eine zusammenhängende, obwohl nicht dichtgedrängte Reihe schwacher Zuckungen“ des secundären Präparates als einen secundären Tetanus auf. Herr Friedrich thut dies nicht und konnte es umsoweniger, als in solchen Fällen auch das primäre Präparat keinen ruhigen Tetanus, sondern einen klonischen Krampf zeigt.

Der Strychnintetanus verhält sich also in Betreff seiner Wirkungen auf das secundäre Präparat analog dem Schliessungs- und Öffnungstetanus, insofern hier wie dort ein stetiger primärer Tetanus nie einen secundären Tetanus, sondern nur eine Anfangszuckung ergibt. Ein sichtbar discontinuirlicher, d. h. aus einzelnen Zuckungen zusammengesetzter primärer Tetanus aber führt allerdings hier wie dort bisweilen zu einer entsprechenden, übrigens unregelmässigen Reihe von secundären Zuckungen. Daraus, dass das secundäre Präparat nur auf den Beginn, nicht aber auf die Dauer eines ruhigen Strychnintetanus reagirt, kann man, wenn man will, schliessen, dass auch beim Strychnintetanus die elektrischen Oscillationen nicht in allen Fasergruppen synchronische sind.

Ähnliche Erfahrungen, wie Herr Friedrich am Strychnintetanus, habe ich früher an den tetanischen Contractionen des Zwerchfelles gemacht, welche dasselbe beim Athmen erfährt. Es ist mir nicht gelungen, vom contrahirten Zwerchfelle secundären Tetanus eines mit seinem Nerven passend angelegten Froschschenkels zu bekommen, obwohl derselbe sofort in secundären Tetanus verfiel, wenn ich den *Nervus phrenicus* schwach elektrisch tetanisirte, und obwohl er tertiär zuckte, wenn ich den hoch oben abgeschnittenen Zwerchfellnerven auf das noch thätige Herz legte und so das Zwerchfell durch die Herzschläge zu rhythmischen secundären Zuckungen brachte. (Beiläufig gesagt, eignet sich diese secundäre Zuckung des Zwerchfelles sehr gut zu einem Collegienversuche, den man gelegentlich zeigen kann, wenn man eben eine Katze mit geöffneter Brusthöhle zur Hand hat. Legt man den Zwerchfellnerven über Vorkammer und Herzkammer zugleich, so beantwortet das Zwerchfell bisweilen sowohl die Systole der Vorkammer als die der Herzkammer mit einer secundären Zuckung, und jedem Herzschlage entspricht dann eine Doppelzuckung des Zwerchfelles. Kaninchen eignen sich wegen der Kürze des *N. phrenicus* schlecht zu diesem Versuche.)

Schon im Jahre 1862 fand Harless, dass die natürliche Contraction eines Froschmuskels nie secundären Tetanus bewirkte, sondern günstigen Falls nur eine secundäre Zuckung beim Beginn der Contraction, gleichviel ob die letztere durch Schmerzen des Versuchsthieres oder nach der Decapitirung durch Reflexreize herbeigeführt worden war. Sogar die durch Reizung des Rückenmarkes mit nicht allzustarken Inductionsströmen erzeugten kräftigen tetanischen Muskelcontractionen ergaben nur secundäre Zuckung; obwohl viel schwächere, aber durch directe Reizung der Nervenstämme veranlasste Contractionen derselben Muskeln sofort secundären Tetanus herbeiführten. (Zeitschr. f. ration. Medicin, III. Reihe, XIV. Bd. S. 110.)

Aus Allem folgt, dass für die oscillatorische Thätigkeit eines im Schliessungs- oder Öffnungstetanus begriffenen Muskels bis jetzt kein zwingender Beweis vorliegt, wenn auch nichts hindert, einen solchen der Analogie wegen anzunehmen, dass ferner auf innere Oscillationen eines von den Nervencentren her in natürlichen Tetanus versetzten Muskels nur aus dem Muskelgeräusche

geschlossen werden könnte. Darüber aber, ob die angenommenen Oscillationen regelmässige sind, und welchen Rhythmus sie einhalten, kann auch dieses Geräusch keinerlei Aufschluss geben, falls, wie Helmholtz meint, der in diesem Geräusche hörbare Ton nur ein Resonanzton des Ohres ist.

Angenommen ferner, der natürliche Tetanus sei oscillatorischer Natur, so muss ganz dahingestellt bleiben, ob dies auf einer oscillatorischen Thätigkeit der Nervencentren oder der Nervenfasern, oder nur der Muskelfasern oder endlich aller zusammen beruht. Denn der Schliessungs- und Öffnungstetanus wird nicht von den Nervencentren herbeigeführt, und wenn er oscillatorischer Natur ist, so kann dies nur darauf beruhen, dass es eine Eigenschaft der Nervenfasern oder aber der Muskelfasern ist, in solcher oscillatorischen Weise zu fungiren. Endlich kann man bisweilen mit starken Kettenströmen auch einen curarisirten Muskel in kräftigen und längere Zeit gleichmässig anhaltenden Tetanus versetzen, was wieder beweist, dass Muskeltetanus auch ohne Mithilfe der Nervensubstanz (wenigstens der extra-muskularen) möglich ist. Ob dabei der Muskel nur in der Nähe der Kathode oder in seinem ganzen Verlaufe in tetanischer Contraction ist, erscheint hier gleichgiltig.

Man hat darüber gestritten, ob die Contraction des Herzmuskels als Zuckung oder als Tetanus anzusehen sei. Als Beweis dafür, dass hier nur eine Zuckung anzunehmen sei, wurde angeführt, dass das Herz im stromprüfenden Froschschenkel nur secundäre Zuckung veranlasst, die sogar der sichtbaren Contraction des Herzens merklich vorangeht. Da nun die obigen Versuche gezeigt haben, dass alle Arten des Tetanus, mit Ausnahme des durch künstliche oscillatorische Reizung herbeigeführten, ebenfalls nur secundäre Zuckung und nie secundären Tetanus veranlassen, so hebt Herr Friedrich hervor, dass die secundäre Zuckung vom Herzen aus nichts gegen die tetanische Natur der Herzcontraction beweist.

Herr Friedrich hat am Herzen des Frosches, des Hundes, der Katze, des Kaninchens und des Meerschweinchens vielfache Versuche über die secundäre Zuckung angestellt. Der *Nerv. ischiadicus* wurde auf das Herz gelegt, während der *Musc. gastrocnemius* seine Zuckungen an der rotirenden Trommel verzeichnete.

Die Frequenz der Herzschläge wurde theils durch künstliche Reizung des *Nerv. vagus*, öfter noch durch *Dyspnoe* variirt. Dabei änderten sich die Zuckungscurven wohl nach Frequenz und Höhe, nie aber derart, dass sie gedehnter geworden wären. Wurde das Herz mechanisch oder elektrisch direct gereizt und dadurch jene andauernde, unregelmässig wogende Bewegung des Herzens erzeugt, wie sie von Ludwig und Hoffa (Zeitschr. f. rat. Medicin, Bd. IX, pag. 107), Einbrodt (diese Sitzungsber. Bd. XXXVIII, Abth. II, pag. 345) und Sigm. Mayer (diese Sitzungsber. Bd. LXVIII, Abth. II, pag. 74) beschrieben worden ist, so erfolgte trotz der grossen Unruhe des Herzens gar keine secundäre Wirkung.

Überhaupt kann man die Zuckung vom Tetanus wohl begrifflich auf Grund hypothetischer Ansichten über das Wesen des Tetanus scheiden, in Wirklichkeit aber ist bis jetzt zwischen beiden keine scharfe Grenze nachgewiesen. Denn die gedehnte Zuckung bildet den Übergang von der momentanen Zuckung zur tetanischen Thätigkeit.

